

DA

1777

(H6)

1997

重度視覚障害者の  
目的歩行における聴覚情報の  
活用に関する実験的研究

The Experimental Study on Auditory Information  
Used by Blind Travelers

伊藤 精英

寄贈  
伊藤精英氏

99006125

# 目次

第 I 部 序論 .....	1
第 1 章 目的歩行における認知・知覚的要因の役割 .....	2
第 1 節 目的歩行におけるオリエンテーションの役割 .....	3
第 2 節 オリエンテーションにおける認知・知覚的要因の果たす役割 .....	6
第 2 章 認知的要因及び聴知覚的要因に関する研究の概観 .....	13
第 1 節 認知的要因 .....	14
第 2 節 聴知覚的要因 .....	28
第 3 章 本研究の目的と本論文の構成 .....	50
第 1 節 本研究の目的 .....	51
第 2 節 本論文の構成と用語の定義 .....	56
第 II 部 本論 .....	61
第 4 章 大規模地下街の目的歩行に利用可能な知覚的情報 .....	62
第 1 節 (予備調査) 重度視覚障害者が日常歩行の際に利用する情報の 予備的検討 .....	63
第 2 節 (実験 1) 非視覚的目的歩行の熟練度の違いによる 歩行及び方向定位の正確性・歩行中の情報の比較検討 .....	70
第 3 節 (実験 2) 大規模地下街における歩行の正確性・方向定位・	

知覚的情報の変容	100
第5章 (実験3) 大規模地下街における転回点の聴覚的知覚の正確性に 対する頭部の方向・壁面からの距離・及び白杖音の効果	121
第1節 問題及び目的	122
第2節 方法	126
第3節 結果及び考察	135
第6章 移動音源定位及び移動音・行為協応を可能にする聴覚的情報	160
第1節 (実験4) 可聴時間のボタン押し課題と振り子衝突課題の 正確性に及ぼす効果	161
第2節 (実験5) 振り子衝突課題を用いた移動音・行為協応における 加速度の効果	179
第3節 (実験5) 振り子衝突課題を用いた移動音・行為協応における 結果の推論の正確性	193
第4節 (実験6) 振り子衝突課題を用いた移動音・行為協応の 正確性の変容	198
第7章 総合討論	231
第1節 聴覚的情報と歩行の正確性・空間知識の正確性との関連性に 関する事例的検討	232
第2節 全般的考察	245
引用文献	259

付録	270
1 被験者の発話記録	270
2 実験2におけるエラー分析	276
3 付図 1	278
付図 2	279
おわりに	280

## 表 及 び 図

Figure 1-1 環境音の模式図 .....	12
Table 4-1 調査対象者のプロフィール .....	67
Table 4-2 入力モダリティ別の情報数 .....	67
Table 4-3 各情報を挙げた対象者数 .....	68
Table 4-4 各転回点におけるエラー数とその内容 .....	88
Table 4-5 各方向定位地点における角度誤差 .....	91
Table 4-6 言語化課題における各発話カテゴリーの占める割合 .....	92
Table 4-7 目的歩行説明課題における各発話カテゴリーの占める割合 .....	94
Figure 4-1 (a) 実験場所及び目的歩行経路 (全体図・1/1000) .....	96
Figure 4-1 (b) 実験場所及び目的歩行経路 (詳細図・1/1500) .....	97
Figure 4-1 (c) 実験場所及び目的歩行経路 (詳細図・1/1500) .....	98
Figure 4-1 (d) 実験場所及び目的歩行経路 (詳細図・1/1500) .....	99
Table 4-8 目的歩行課題のエラー数 .....	112
Table 4-9 各方向定位地点における角度誤差 .....	113
Table 4-10 言語化課題における各カテゴリーに含まれる発話の割合 .....	116
Table 4-11 目的歩行説明課題における各カテゴリーに含まれる発話の割合 .....	119
Figure 4-2 実験2で用いられた目的歩行経路(1/1000) .....	120
Figure 5-1 実験に用いられた転回点 .....	132
Figure 5-2 現場録音時のブロック図 .....	133
Figure 5-3 編集時のブロック図 .....	133
Figure 5-4 刺激提示時のブロック図 .....	133
Figure 5-5 実験条件の模式図 .....	134
Table 5-1 各条件における平均恒常距離誤差 .....	152
Table 5-2 恒常距離誤差 に関する mean comparison contrast test の結果 .....	152
Table 5-3 各条件における平均変動距離誤差 .....	155
Table 5-4 変動距離誤差に関する mean comparison contrast test の結果 .....	155
Table 5-5 両耳間反響音時間遅延差 .....	158
Figure 5-6 転回点の知覚における距離誤差 .....	159
Table 6-1 失明時期の違いによる課題及び条件ごとの平均恒常時間誤差(CE) .....	174
Table 6-2 各課題及び条件ごとの時間誤差 .....	175
Figure 6-1 実験状況の模式図 .....	176

Figure 6-2 実験装置	177
Figure 6-3 距離と時間の関係	178
Table 6-3 各条件ごとの時間誤差	190
Figure 6-4 等速度及び加速度条件における時間と距離の関係	191
Figure 6-5 実験状況と両耳間差の模式図	192
Table 6-4 時間誤差と主観的知覚の一致率	197
Table 6-5 3ディビジョン及びPB課題における恒常時間誤差及び変動時間誤差の平均値	208
Table 6-6 振り子と滑走球との衝突回数の推移	209
Figure 6-6 (a) 時間誤差の回帰分析 (B1)	210
Figure 6-6 (b) 時間誤差の絶対値の回帰分析 (B1)	211
Figure 6-6 (c) 時間誤差の回帰分析 (B2)	212
Figure 6-6 (d) 時間誤差の絶対値の回帰分析 (B2)	213
Figure 6-6 (e) 時間誤差の回帰分析 (B3)	214
Figure 6-6 (f) 時間誤差の絶対値の回帰分析 (B3)	215
Figure 6-6 (g) 時間誤差の回帰分析 (B4)	216
Figure 6-6 (h) 時間誤差の絶対値の回帰分析 (B4)	217
Figure 6-6 (i) 時間誤差の回帰分析 (B5)	218
Figure 6-6 (j) 時間誤差の絶対値の回帰分析 (B5)	219
Figure 6-7 (a) 12ディビジョンの恒常時間誤差 (B1)	220
Figure 6-7 (b) 12ディビジョンの絶対時間誤差 (B1)	221
Figure 6-7 (c) 12ディビジョンの恒常時間誤差 (B2)	222
Figure 6-7 (d) 12ディビジョンの絶対時間誤差 (B2)	223
Figure 6-7 (e) 12ディビジョンの恒常時間誤差 (B3)	224
Figure 6-7 (f) 12ディビジョンの絶対時間誤差 (B3)	225
Figure 6-7 (g) 12ディビジョンの恒常時間誤差 (B4)	226
Figure 6-7 (h) 12ディビジョンの絶対時間誤差 (B4)	227
Figure 6-7 (i) 12ディビジョンの恒常時間誤差 (B5)	228
Figure 6-7 (j) 12ディビジョンの絶対時間誤差 (B5)	229
Figure 6-8 12ディビジョン間の時間誤差の変容	230
Table 7-1 対象とされた3名のプロフィール	238
Table 7-2 言語化課題における全発話に対する各カテゴリーに占める発話の割合 (実験1)	238
Table 7-3 目的歩行説明課題における全発話に対するカテゴリーの占める割合 (実験1)	238
Table 7-4 目的歩行課題におけるエラー数及びその内容 (実験1)	239
Table 7-5 方向定位課題における角度誤差 (実験1)	240
Table 7-6 転回点の聴覚的知覚における恒常距離誤差の絶対値の平均値[m] (実験3)	240

Table 7-7 転回点の聴覚的知覚における恒常距離誤差の平均値[m] (実験3) .....	242
Table 7-8 各課題ごとの時間誤差 (実験4) .....	244

# 第 I 部

## 序論



## 第 1 章

# 目的歩行における 知覚・認知的要因の役割

## 第 1 節

### 目的歩行における オリエンテーションの役割

## 1. オリエンテーション

人は、様々な社会活動の目的をもって生活している。我々は移動すること無しにそのような目的を達成することはできない。重度の視覚障害を有する人にとってもそれは同様である。むしろ、社会的自立に問題を抱える視覚障害者こそ、自立的な歩行の果たす役割は極めて大きいと言わざるを得ない。本研究では、重度視覚障害者の目的地への歩行（以下、目的歩行と呼ぶ）に焦点を当てることになる。

視覚障害者にとっての歩行とは、文部省(1985)によると、オリエンテーションとモビリティという二つの側面が一体となった行動のシステムであるとしている。

ここで、オリエンテーション(orientation)とは、知覚・認知的側面とすることができる。中田(1988)は、「オリエンテーションとは自己の歩行している方向や位置を知覚し認知すること」と定義している。文部省(1985)は単にオリエンテーションを定位することとしている。また、芝田(1996)は、オリエンテーション(定位)とは地図的操作と環境認知とを併せ持つとしている。いずれにせよ、オリエンテーションは、行動の計画とその実行において重要な役割を果たすと言える(Passini, 1984)。

Hill & Ponder(1976)・小田島(1992)は、目的歩行においてオリエンテーションによる環境認知が特に重要とされる状況を6場面挙げている。それらは次のようである。

- ①これから行こうとする進路を決定する場面
- ②移動するための方向を決定する場面
- ③移動中の歩行線を確保する場面
- ④安全を確保する場面
- ⑤到達すべき目的地に近づいていく場面

## ⑥到達したことを確認する場面

無論，これらの状況以外にも，オリエンテーションは常に必要である。しかも歩行者は移動しながらオリエンテーション（定位）をしなければならない。

## 2. オリエンテーションとモビリティとの相互連関性

先にも述べたように，目的歩行の他の側面がモビリティである。モビリティについて，中田(1988)及び文部省(1985)は，歩行運動であると定義している。一方，芝田(1996)は，さらに詳細な定義を行っている。芝田によると，「モビリティは，必要に応じて手引き・白杖・盲導犬などの歩行の補助的技術を駆使し，受動的，能動的な歩行である」としている。

オリエンテーションとモビリティとの関係を考えてみると，身体を移動させることなく，オリエンテーションをすることは可能である。例えば，周囲の環境を認知するとか，地図から自己の位置を定位するとかなどである。しかし，移動行為を始動させるためにはオリエンテーションを欠かすことはできない。つまり，身体移動無しにオリエンテーションは可能であるが，目的地への移動つまりモビリティはオリエンテーションを前提とする。

## 第 2 節

オリエンテーションにおける  
知覚・認知的要因の果たす役割

## 1. 認知的要因

芝田(1996)は、オリエンテーションには地図的操作と環境認知が含まれるとしている。地図を操作したり・記録した経路を想起したりすることは、認知的機能に依存する。例えば、地図を利用して経路を設定したり、歩行中に地図により自己の経路上での位置を定位したりする状況を考えてみる。地図を見ながら未知の経路を設定し、地図上での幾何学的経路を記録する。実際の経路は未知であるから、そこでの経路は概念的・抽象的である。そして現実場面で、経路を想起しながら歩行する時、概念的、幾何学的経路と実際の環境とを合致させなければならない。その際、記録した地図の心的回転(mental rotation)も必要かもしれない。また、地図を使用して経路上での位置を定位する際にも、交差点や商店の壁面など環境の特徴やランドマークを知覚し、地図という抽象的幾何学的図式と照合しなければならない。

このようにオリエンテーションにとって認知的操作は重要な役割を果たしているといえる。特に、記録と想起・認知地図・推論は重要とされている(芝田, 1996)。

## 2. 知覚的要因

先にも述べた認知的操作を行うためには、環境に存在するランドマーク(目印)や環境の特徴などを正確に知覚することが必須となる。視覚障害者の場合、低視力者は残存する視覚機能を用い、失明者は他の感覚を全て活用して環境を知覚しなければならない。以下、失明者に限定して議論していく。

### 1) 環境に存在する音

環境内には大別して2種類の音が存在する。一つは、音源から発せら

れる音波であり、これは放射音(radiant sound)という。他は、音源以外の物体に音波が衝突し反射した音であり、これは反響音(reverberant sound)という。

Figure 1-1に、環境内の放射音と反響音の模式図を示す。観察者から見て、角度 $\theta$ の方向に音源が位置している。音源1及び音源2から放射音が観察者に到来する。それと同時に、両側に存在する壁面から反響音が到来している。ところで、音源も観察者も静止しているならば、観察者と音源との空間的關係は変化しない。つまり、観察者に対する方位角も距離もさらに音源間の距離も変化しない。かりに、音源が移動するか、あるいは観察者が移動すると、それらと観察者との見かけの方向や距離が継時的に変化する。例えば、Figure 1-1, 中地点Aに位置する観察者が頭部を左方向へ回転させると、同時に、音源1は音源2の方向へと移動する。一方、観察者が地点Aに位置する時、左右の音源は観察者の正中線より $\theta_{A1}$ ・ $\theta_{A2}$ だけ角度をなしている。観察者が矢印の方向に向かって地点Bに移動することにより、同じ音源と観察者の正中線とのなす角度は $\theta_{B1}$ ・ $\theta_{B2}$ へと変化する。音源の相対的移動距離は、それぞれの角度の差として特定される。つまり、観察者が直進するならば、音源の見かけの方向は観察者の正中線から両側方向に変位する。そして、音源に最も接近する地点では、二つの音源は両側に位置する。観察者が同一の歩行線を維持するならば、音源は後方に移動し、背後の正中線上へと変位していく。このような音源と観察者との空間的關係の変化に伴って放射音と反響音も流れるように変化する。Lee, van der Weel, Hitchcock, Matejowsky & Pettigrew(1992)は、観察者の移動に伴う音の変化を音響的流動(acoustic flow)と定義している。

芝田(1996)は、目的歩行に関連する聴覚的能力として、①音質の弁別

・認知, ② 静止音源定位, ③ 移動音源定位, ④ エコー認知, ⑤ セレクティブリスニング, ⑥ 物体知覚 (障害物知覚) を挙げている。この内, ① 音質の知覚・認知と⑤のセレクティブリスニングとについては本章で扱い, 他は次章で扱うことにする。

音質の弁別・認知は, 例えば音のみからコインの種類を弁別するとか, 液体が容器に流れ込む音から容器が満たされるのを知覚するとか, あるいは足音の変化から遠方にある階段の存在を認知することなどである。ここで重要とされる様々な事象に関連した音響学的特性については, 事象を分類した研究 (Gaver, 1993) やピンが落下した際の破碎と跳ね上がりを特定する音響学的特性を分析した研究 (Warren & Verbrugge, 1984) などがある。しかしながら, この種の研究はまだその端緒にすぎたばかりであり, 知見の応用に到るには今後の研究を待たねばならないであろう。

他方セレクティブリスニングは, 騒音下であっても, 特定の音に注意を集中する能力であり, いわゆるカクテルパーティー効果と呼ばれている選択的注意の一種である。

## 2) 触覚的探索

聴覚に次いで利用される感覚は触覚である。目的歩行場面では, 足底からの地面に関する情報を取り入れる能力が求められる。また, 歩行補助具によっては手指から環境に関する情報が入手可能である。例えば白杖を使用することにより地面や障害物に関する属性を手指から得ることができるであろうし, 盲導犬を使用する際には, 犬に装着している胴輪 (ハーネス) を持つ手指から環境の特徴を知ることが可能である。また, 触覚的能力は触図を理解し, 歩行以前に経路を設定する上でも重要な役割を果たす。Leonard & Newman (1979) は3種の地図の有用性を比較している。芝田 (1996) は触覚的能力として, ① 手による触察, ② 白杖による



触察，③足底による触察を挙げている。

### 3) その他の要因

そのほか，嗅覚も場合によってはランドマークを同定するために活用される(Foulke, 1982)。例えば，匂いを発する商店などのランドマークは嗅覚的にも探知することができるであろう。従って，ランドマークと匂いとの関連性を学習することも必要とされる。

モビリティに伴う身体の運動感覚，あるいは自己受容感覚及び白杖を動かす際の手指運動感覚も位置の移動に関する感覚である。

また，皮膚感覚も利用可能な場合がある。陽光を感じることで自己の位置を地理的方位（東西南北）により定位することが可能となるかもしれない。また，風の方向から，空間の広がり感を認知することも可能であろう。

## 3. オリエンテーションを可能にする歩行補助具

最後に，上記の認知的要因と知覚的要因とを相互に関連させることにより，目的歩行を可能にする歩行補助具について概観する。

第1は，単独歩行を可能にする白杖と盲導犬である。これらは，有効に利用するために一定期間の訓練が必要であるが，現段階では重度視覚障害者が自立して単独歩行を行うためには最も有用な歩行手段である。

第2に，視覚代行機器やシステムである。その例が超音波を利用した歩行補助具である。音波の内，人の可聴範囲の波長は，コウモリの知覚しうる波長（超音波）よりも長い。そのため，可聴波を利用して物体の特徴を識別するには解像度が低い(Lee, 1993)。この制限を解消するために考案されているのが超音波を利用した代行機器である。これは，超音波を発信し，対象物から反射されてきた反響波を受信し，それを可聴波

に変換する装置である。トライセンサー(trisensor; Kay, 1997)は従来のソニックガイド(Kay, 1974)を改善した超音波歩行補助具である。

Easton & Jackson(1983)がこの機器の評価を試みている。このような機器を利用して目的歩行が可能になるためには、早期からの装着訓練が必要であるとされている。なお、Kayはトライセンサーを乳児期から使用することにより、聴覚でも視覚でもない感覚(Kayは、この感覚をsonocular perceptionと名付けている)が発達すると仮定している(Kay, 1997)。

その他、小林・太田(1995)が開発している画像を音響信号に変換して環境に関する情報を提供する装置や、渡辺・丹沢・清弘・森(1995)が開発している超音波と地図情報を利用したナビゲーションロボットなども今後期待される歩行補助具である。

さらに、補助具と言うよりは誘導システムと言うべきであろうが、近年研究が盛んになっているナビゲーションシステムが注目に値する。判澤・篠田・曲谷・築島・増本(1996)、篠田・矢ヶ部・曲谷・築島・佐藤(1995)は、GPS(global positioning system)及びDGPS(differential global positioning system)とを用いた視覚障害者用ナビゲーションシステムの評価を行っている。彼らによれば、GPSの算出した地点と現地での地点との誤差は40~100mにも及ぶが、DGPSを用いることにより2・3mへと誤差が減少する。今後、ナビゲーションシステムの誤差がさらに減少し、且つ環境に関する知覚的情報がシステムから提供されるようになれば、極めて有効な歩行補助システムとなろう。

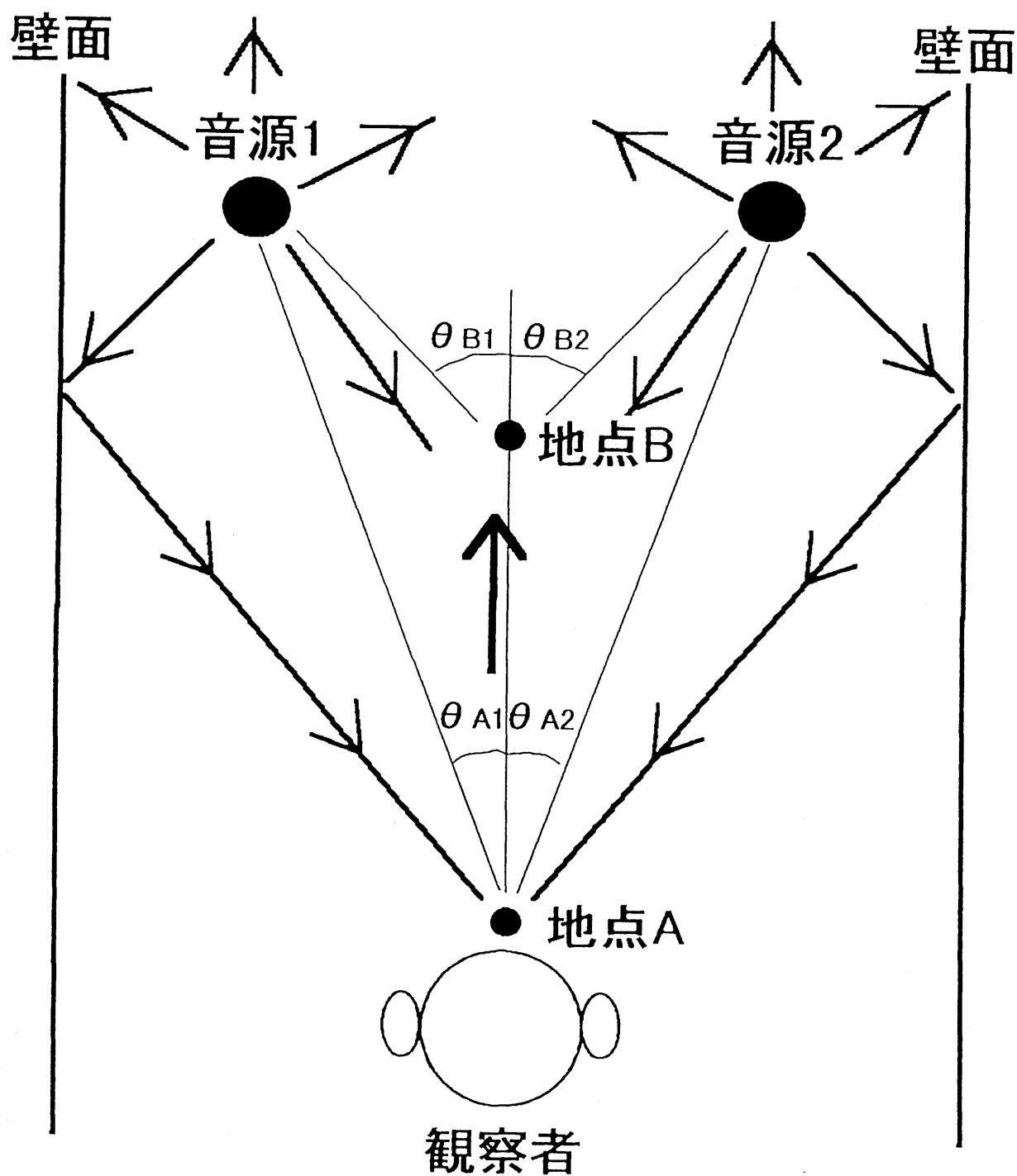


Figure 1-1 環境音の模式図

## 第 2 章

### 認知的要因及び聴知覚的要因に関する 研究の概観

## 第 1 節

### 認知的要因

## 1. 空間知識の体制化としての認知地図

前章で述べたように、目的歩行を構成するオリエンテーションを可能にする心理的要因は、認知的・知覚的要因である。認知的要因には、記銘・想起・推理・そして空間知識の内化されたとされる認知地図が含まれる。これまで、認知的要因については主として認知地図あるいは空間知識という観点からの研究が多く行われてきた。ここでは、認知地図に関する研究に焦点を当て、先行研究の概観と展望を行う。

人は目的地まで正確に到達するために、進行方向の転換の場所とその方向、目的地・出発点そして他のランドマークに関する方向や距離などの知識を必要とする。出発点と終点とが遠く隔たっているような経路を移動しようとする時、その空間が広範囲に亘るため一つの観察点からでは一望できない。従って一つの地点を特定する情報と地点間の空間関係とは歩行者が心的に内化し貯蔵しなければならないからである(Weisman, 1981)。このような知識は、空間を認知すること、正確且つ合理的に目的地へ到達することなどのために必須であると考えられてきた。

このような空間知識は、従来、認知地図(cognitive map)あるいは心的地図(mental map)と呼ばれてきた。Hardwick, Woolridge & Rinalducci(1983)によると、認知地図とは、環境の空間配置の心的表象(representation)である。この「地図」という概念は、元々ネズミの迷路学習を解釈する際の概念として用いられた。後にDowns & Stea(1973)などがこの概念を人の地理的空間知識の説明概念として用いるようになって以来、多くの研究者により様々な観点からひとの認知地図の様相を明らかにしようとする研究が行われてきた。

なお、先行研究を概観するに当たっては、認知地図とは、空間知識の体制化であると操作的に定義する。

## 2. 認知地図の特質

認知地図がどのような特性を有するのかについては多くの研究が解明を試みている。第1に認知地図の画像的・ユークリッド的特性の検討、第2にいわゆる整列性効果の検討、第3に空間知識の体制化と関連する要因の検討である。

Levine, Jankovic & Palij(1982); Palij, Levine & Kahan(1984)をはじめとする研究では、認知地図は鳥瞰図的・画像的あるいはユークリッド幾何学的特性であることを示唆している。例えば、Palij, Levine & Kahan(1984)では、被験者は遮眼して床に描かれた経路を歩行し、経路図を描画させられた。地図の第1番目の線は「上方向」(up-direction)に描かれた。これは進行方向が上向き方向に固定されて記憶されることを意味すると解釈された。これらの研究に対し、成人でも「認知地図の歪み」として知られているように、必ずしもユークリッド的な認知地図のみが獲得されているわけではないことが示されている(村越,1992)。また、山本(1988)によれば、小規模空間であれば、幼児でもユークリッド的な認知地図を獲得できるとしている。このように、認知地図の様相に関し、ユークリッド的(画像的)とする主張と必ずしもそのような形態ではないとする主張とが并存し、結論はいまだ出されていない。

また、Palij, Levine & Kahan(1984)の結果によると、記憶された地図が経路に整列している方が反整列よりも、被験者は対象地点の方向を正確且つ迅速に応答した。整列性効果(alignment effect)とは、地図を利用した空間認知の際、地図の上部方向(up-direction)と正対している方向(forward-direction)とが一致(整列)しているとき、不一致(反整列)に比して方向定位の誤差が減少することである。

Rossano & Warren(1989)は触地図の使用の際の整列性効果を検討した。その結果、全盲も低視力の被験者も「上方＝前方」の規則に従って、整列性効果が認められた。試行を繰り返すと、誤差が改善された。

Hardwick, Woolridge & Rinalducci(1983)は、認知地図の体制化と環境の特徴をランドマークとして認知できる能力との関係を検討した。未知のルートでは、空間知識の低い体制化は、曖昧な環境の特徴をランドマークとして選択する傾向と関連していた。空間知識の体制化は環境の特徴の知覚・記銘そして想起と関連していることが示唆されたと言えよう。

### 3. 視覚経験の効果

認知地図に及ぼす視覚経験の効果に関する研究は、空間規模の観点から4種に大別することができる。それらは、①机上での空間関係課題、②単純な空間推論課題、③複雑な空間推論課題、④実験室外の大規模環境内における空間認知課題である。①机上での空間関係課題では、机上など極めて小規模の空間での空間認知が扱われる。②や③の空間推論課題では身体移動がなされるが、それは実験室内に設定された幾何学的経路を移動することに限定され、経路の構成が課題とされる。そして④の空間認知課題では実験室外の環境下で身体移動を行い、対象間の空間関係の認知が扱われる。

#### 1) 机上での空間関係認知課題

Heller, Kennedy & Joerner(1995)は、早期失明者・後期失明者・晴眼者を用いて、家の模型の鳥瞰図・投影図・側面図の同定の正確性を比較した。その結果、早期失明者と他の2群とには差異が認められた。早期失明者は鳥瞰図と投影図を同定することが困難であった。これは、視覚



経験に特有な視点があることや空間関係に及ぼす視覚経験の効果を示唆する。Heller, Kennedy & Joerner(1995)は刺激材料として模型をレーザーライターで描画した点図を用いているが、実際に机上での空間関係を認知するような課題においても失明時期や期間の要因が導出されている。

距離と方向の推定課題を用いると、先天性重度視覚障害者の空間的距離誤差と角度誤差とが高い相関を示し、角度誤差は失明期間と高い相関を示した(Cleaves & Royal, 1979)。

また、視点を実際に動かす移動条件とイメージする想像条件とを比較すると、失明期間と無関係に想像条件が、高い誤差を示した(Babar & Lederman, 1988; Hollins, 1988)。

## 2) 単純空間推論課題

Worchel(1951)は、有効な聴覚的手掛かりを与えないようにして重度視覚障害者の空間的推論能力を検討した。それによると、晴眼者よりも重度視覚障害者の方が直角二等辺三角形のルートを歩行してスタート地点に戻って来る課題で成績が悪かった。

山本(1990a)は、Worchel(1951)と同様に、直角三角形の2辺をガイドされて歩き、その後、残りの辺を単独で歩き元の地点に戻ることを課題として、空間的推論の発達を重度視覚障害者と晴眼者とで比較した。その結果、いくつかの測度では空間的推論の発達を示唆する結果が得られたが、重度視覚障害者と晴眼者の成績が著しく異なる測度も認められた。山本はこの結果について、空間的推論に反映される空間認知には多様な側面があり、晴眼者と重度視覚障害者との差異が生じない側面と重度視覚障害者においてのみ発達が困難な側面とがあると解釈している。

## 3) 複雑空間推論課題

上記のWorchel(1951)式の幾何学的構成課題とは異なり、経路上あるい

はその周囲に複数の対象物（ランドマーク）を設置し、それらの方位角や距離などの空間関係を認知させる課題が利用されている。

Herman, Chatman & Roth(1983)は、方向指示課題を用いて、認知地図の正確さが先行する視経験によって影響を受けるか否かを検討した。その結果、先天性重度視覚障害者は後天性重度視覚障害者よりも認知地図を正確に形成する能力が劣っていた。彼らは、認知地図は強く視覚経験に依存すると結論づけている。

方向指示課題を用いて晴眼者と重度視覚障害者の空間知識を比較した研究も見られる。認知地図の発達に関する研究によると、晴眼児の認知地図は発達するが先天性重度視覚障害児では発達しにくい(山本,1990b; Rosencranz & Suslick, 1976)。また、想像条件の方が実際にその地点に位置する移動条件よりも空間関係の認知が不正確となる(Lehtinen-Railo & Juurmaa, 1994)。

一方、実験手続きが異なると、認められる結果も異なることが幾つかの研究により報告されている。Herman, Herman & Chatman(1983)が研究に用いた手続きでは、被験者は盲学校の一室の机上で4個のランドマーク間の関係を学習した後、同学校の体育館にて4個のランドマーク間を結ぶ直線を歩行し、そしてその空間的關係を触地図に表現することを求められた。その結果、机上での学習が実際の空間における対象間の関係を認知することに使用されたことが示唆された。彼らは、先天性重度視覚障害者であっても、小規模な空間での対象間の関係は、大規模な空間での対象関係に変換可能であるとしている。ところが、山本(1986)によると、現地歩行に及ぼす大小縮尺模型の効果が異なることが示された。晴眼者では差異が認められなかったが、先天性重度視覚障害者では、大模型で学習した歩行者は小模型で学習した歩行者よりも現地歩行におけ

る方向転換の誤反応が少なかった。また、先天性重度視覚障害者は遮眼した晴眼者よりも有意に距離と方向の判断が不正確であったものの、これらの錯誤と現地歩行での誤反応とは相関関係は認められなかった。同様に、Klatzky, Loomis, Golledge, Cicinelli, Doherty & Pellegrino(1990)によっても、経路のパターンを構成する課題では距離と方向の誤差に高い相関が見られるが、経路を再生する課題ではそれが認められなかった。

山本(1986)及びKlatzky, Loomis, Golledge, Cicinelli, Doherty & Pellegrino(1990)の研究結果を総合すると、距離や方向など空間関係の認知と経路再生の正確性の各々に関連する空間知識は異なることが示唆された。

#### 4) 環境内での空間認知課題

実際の環境を対象とした研究も多数認められるが、次に示すように個々の研究により多様な結果が認められている。

モデル構成法を用いた研究(Bigelow, 1991; Casey, 1978)において導かれた結論は、重度視覚障害者は視覚経験を有しないため、全体を包括するような知識を獲得しにくいとする。

距離や方向を判断する課題を用いた研究によっても先天性重度視覚障害者の空間知識が他の実験群に比して不正確であることが示されている(Dodds, Howarth & Carter, 1982; Rieser, Guth & Hill, 1986; Rieser, Hill, Talor, Bradfield & Rosen, 1992; Rieser, Lockman & Pick, 1980)。ただし、現段階では得られた結果は限定的な実証にとどまっている。例えばRieser, Guth & Hill(1986)は、被験者に特定の地点からの対象物間の空間関係を学習させた後、視点の移動条件と想像条件で対象間

の相対的位置関係を答えさせた。その結果、先天性重度視覚障害者は移動条件にせよ想像条件にせよ、大きな誤差を示した。このことから、先天性重度視覚障害者は自己の位置の変化に伴う対象間の空間的関係の変化を認知できないと結論している。また、Rieser, Hill, Talor, Bradfield & Rosen(1992)においては、晴眼者>後天性重度視覚障害者>先天性重度視覚障害者>視野の狭い低視力者の順で対象物の方向判断が正確であった。この実験結果は、視経験を有している低視力者であっても、視野狭窄があれば、先天性重度視覚障害者よりも空間認知が不正確であることを示しており、先天性重度視覚障害者が視経験を有する被験者よりも不正確な空間認知をするとは必ずしも言えない。

Rieser, Lockman & Pick(1980)は、経路を歩行した後、経路上の地点から方向定位課題と3点の距離判断とを使用して空間的知識の正確さを先天性・後天性重度視覚障害者と晴眼者とで比較している。多次元尺度構成法により分析したところ、移動を元にした機能的距離判断では3群は類似しているが、直線関係を元にするユークリッド距離の判断は、晴眼者>後天性>先天性重度視覚障害者の順に正確であった。しかし、角度判断の正確性は3群とも類似していた。

ところで、Lehtinen-Railo & Juurmaa(1994)も指摘しているように、先天性あるいは早期重度視覚障害者が優れた成績を示したとする研究や個人差が大きいことを指摘した研究も認められる。Laudau, Gleitman & Spelke(1981); Laudau, Spelke & Gleitman(1984)は、1名の重度視覚障害児を縦断的に観察し、空間認知能力の発達を既述している。彼らは対象児が、幾何学的、ユークリッド的情報を統合できる空間知識体系を発達させていると結論づけている。Loomis, Klatzky, Golledge, Ciccinielli, Pellegrino & Fry(1993)は、単純空間推論課題及び複雑空間推論

課題とをもちいて、視覚経験の効果を検討した。彼らの得た結果は、先天性重度視覚障害者の成績には大きい個人差が認められ、中には極めて優れた成績を示した先天性重度視覚障害者が見られた。Passini, Proulx & Rainville(1990)は、上記と同様に先天性・後天性重度視覚障害・晴眼の被験者の3群を用いて迷路での経路発見課題(way-finding task)を行った。彼らの結果からも先天性重度視覚障害者が後天性重度視覚障害者や晴眼者よりも優れた成績を示したことが認められる。

環境内に存在するランドマークとなりうる対象物の認知の観点から空間的知識を検討した研究も見られる。Hollyfield(1981); Hollyfield(1983)は、実際の市街地を実験ルートと定め、ルート上に存在する建築物やランドマークなどを記録し、それをモデルとして再生することを被験者に求めた。その結果、晴眼者に比して重度視覚障害者の想起するものが少なく、空間的記憶が貧弱であることが示された。しかし迂回ルートの発見は重度視覚障害者も可能であった。Hollyfield(1981)は、また、歩行した経路の模型を構成させたところ、晴眼者も重度視覚障害者も歩道、車道、交差点を再生した。このことから、空間概念はこれらの環境の特徴を中心に構成されることが示唆される。

Hollyfield(1983)の空間的知識の貧弱さは環境内から取り出しうる情報の制限に起因することを示唆する研究がある。経路学習時に超音波装置を装着すると、先天性・後天性重度視覚障害者の距離推定の正確性が向上した(Veraart & Wanet-Defalque, 1987)。この結果は、超音波が視空間情報と同様の空間情報を提供したためと考えられる。

経路発見課題に果たす情報の役割が地下街を対象とした研究によっても指摘されている(山本・岡田, 1996)。山本によると、地下街では進行方向の転回点の発見が困難であったが、その理由として、①騒音が大

大きく放射音が利用しにくいこと，②商店の出入り口と通路との境界が不明確であること，③白杖を利用した歩行がしにくいこと，④地面からの触覚的情報が取り出しにくいこと，⑤太陽光が利用できないこと，などを挙げている。

また，被験者の発話を用いて環境内の情報の利用法について検討した研究もある。Passini, Delisle, Langlois & Proulx(1988)は，実際に特定のルートを歩行しつつ言語報告を求める方法を用いて，重度視覚障害者が知覚している対象を分析した。その結果，重度視覚障害者は建物内の手すり，ドア枠，セントラルヒーティング機器，灰皿，ごみ箱，突き当たり，騒音，反響音，匂い，熱源を知覚していた。晴眼者と比較すると重度視覚障害者は歩行時に使用される情報が多いことが認められた。この研究結果には見られないが「開ける感じ」(“openings”)など空間の構造や対象物の存在などいわゆる障害物知覚的情報も面接法を用いた研究によって報告されている(Passini, Delisle & Langlois, 1986)。

Brambring(1982)は，重度視覚障害者は他の重度視覚障害者に対して，晴眼者は他の晴眼者に対して，特定の目的地までの既知のルートを説明することを求めた。得られた記述は，4種類のカテゴリーに分類され，重度視覚障害者と晴眼者とで比較検討された。結果を要約すると次のようになる。(a)重度視覚障害者の歩行時に使用される情報に関する発話は，晴眼者の3倍であった。(b)特に，道路を横断するような場所ではこの種の言語記述の頻度が増加していた。(c)ランドマークに関する発話が重度視覚障害者においてもっとも多かった。(d)晴眼者の発話には障害物に関する情報はほとんど含まれていなかった。本邦においても同様の結果を報告している研究が認められる(野村・横山・鈴川，1996；鈴川・野村・横山，1996；横山・野村・鈴川，1996)。

Brambring(1982)及びHollyfield(1981)から、交差点などの進行方向を選択する地点、いわゆる転回点の知覚と想起が経路を設定した目的歩行において、重要な役割を果たしていることが示唆された。

#### 5) 記憶と認知地図

村越(1992)は、空間知識研究における記銘や想起といった認知的側面からの研究の必要性を指摘している。Hutertas & Ochaita(1992)は、認知地図の測度として3地点間の距離の評定とモデル構成の正確さを使用して、認知地図と経路歩行に要する援助の数との関係を検討した。その結果、認知地図と援助回数との間に高い相関が認められた。また、歩行課題の成功度と認知地図の測度とも高い相関が認められた。しかし、これらの相関は晴眼者では認められなかった。Hutertasらはこのことを、晴眼者は見えにより知覚的予期(perceptual anticipation)が可能であるが、重度視覚障害者ではこれが困難であるため、空間的記憶が不可欠になると解釈している。

Easton & Bentzen(1987)は、記憶実験の手法を用いて空間的記憶と経路の記述との関係を検討している。ある経路について、空間的關係を説明している文と抽象的内容の文とを記銘し、触地図をトレースする際の速度を測定して、どのタイプの文が有効かを明らかにしようとした。結果、空間的文章が触地図をトレースする際に有効であり、認知地図と触地図とは対応関係にあることが示唆された。彼らはこのことから、経路を説明するためには、触地図が適していると主張している。

その他、地図情報の言語的提示法の有効性を検討した研究も認められる(Blasch, Welsh & Davidson, 1973)。

#### 6) まとめ

先行する視覚経験が、空間知識あるいは認知地図の獲得に果たす役割

については肯定する結果と否定する結果とが見いだされている。また、距離や方向などの判断と実際の経路歩行の正確さとは無関係であるとする知見も認められる。メタ分析により先行研究を包括的に展望した研究(McLinden, 1988)によると47件の研究において早期失明者は後期失明者や晴眼者よりも課題の成績が劣っていた。多様な課題を通じて考えると概して、視覚経験が用いられる測度に影響していることが示されているといえる。しかしながら、Klatzky, Golledge, Loomis, Cicinelli & Pellegrino(1995)は、机上での空間関係把握課題・単純歩行課題・複雑歩行課題の3種類の空間認知の成績を先天性、後天性の重度視覚障害者と晴眼者とで比較した。結果は、3群に類似した傾向を示し、視覚経験の有無により影響を受ける空間情報処理システムを裏付ける証拠は得られなかったとしている。もし、このような空間情報処理過程や視覚依存的空間認知理論を実証しようとするれば、多様な課題における多様な測度を特定の重度視覚障害者に適用し、被験者内の一貫性や多様性を既述する必要があるだろう。

#### 4. 知覚と移動の役割

Allen, Siegel & Rosinski(1978)は、大規模空間を歩行している人は、出発点から終点を見ることができない。従って、歩行者は終点へ成功裡に到達するためには移動に伴う知覚的情報を解釈する能力に依存しなければならないと主張している。これまで、空間知識は認知地図といった空間知識の体制化の観点から検討されることが多く、環境内のランドマーク・歩行者の移動の果たす役割といった知覚・行為的観点からの考察は少ないように思われる。とはいえ、近年、この種の研究も見られ始めている。



Okabe, Aoki & Hamamoto(1986)は自然環境下における傾斜や曲り道の見えが距離判断に及ぼす効果を検討したところ、斜面の見えは過大な距離判断を生起し、ランドマークがない曲り道の方向判断は道が視野から消えた方向へ偏倚する傾向を示した。ただしランドマークとなる対象が見える場合、そのような傾向は認められなかった。

Thorndyke & Hayes-Roth(1982)によると、地図による空間学習と目的歩行による空間学習の重要な相違点は、地図からは情報を同時的に学習するが、目的歩行では継時的に学習する点であるという。このことが整列性効果に関連していることを示した研究がある。

Presson & Hazelrigg(1984)によれば、経路を実際に歩行する直接学習群と地図を見る間接学習群とでは整列性効果(alignment effect)に差が見られ、直接学習群の被験者は柔軟な定位が可能なが見いだされている。

また、Heft(1983); Heft & Kent(1993)は、目的地への移動における知覚対象の果たす役割を分析した。被験者に経路のビデオを提示し、正確に移動するために重要な場所あるいは目印が現れた所でコンピュータのキーを押すことを求めた。その結果、有意に多数の反応が非転回点よりも転回点に集中することを見いだした。なお、ここでいう転回点(transition)とは、経路の曲り角などの、景色が劇的に変化する地点であり、非転回点(nontransition)とは、景色の顕著な変化がない場所をいう。

このような知覚・行為的観点からの空間知識研究や目的歩行研究はPassiniやBrambringの発話分析を除き、視覚障害者を扱ったものはほとんど認められない。今後、このようなアプローチによる重度視覚障害者の研究が求められる。特に、目的歩行における視経験の効果は環境内の

利用可能な情報の観点から分析されることが教育やリハビリテーションにおいて実際的と思われる。

## 第 2 節

### 聽知覺的要因

## 1. はじめに

前章で認知的要因と並んでオリエンテーションを可能にする要因として知覚的要因を挙げた。本研究では、次章以後、主として聴知覚的要因について整理していくことになる。そこで、本節では他の知覚的要因に関する研究は割愛し、聴知覚的研究についてのみこれまでに得られている知見の概観と展望を行う。

## 2. 静止音源定位

音源あるいは音像の空間定位とは、方位角・仰角及び距離を定めることをいう(Moore, 1989)。本項では静止音源と移動音源に音源を大別し、方向と距離の知覚の観点から先行研究を概観する。

### 1) 方向知覚

Middlebrooks & Green(1991)は研究を展望し、音源の方向知覚は方位により異なることを指摘している。両耳受聴可能な条件下で仰角にして $\pm 40\text{deg}$ 、方位角にして $0\sim 180\text{deg}$ の音源定位を測定すると、仰角と方位角共に正面の誤差が少なく、頭部の後方では大きな誤差を示す結果をOldfield & Parker(1984)は得ている。特に $120\sim 160\text{deg}$ では方位角及び仰角の上昇において顕著な誤差を示すことを報告している。一方、単耳受聴条件になると、方位角の誤差は大きくなるが、仰角では全般的にあまり変化が見られなかった(Oldfield & Parker, 1986)。

空間の聴覚的分解能という観点から、静止音源定位を検討したのがMills(1958)である。この空間弁別能は最小弁別角度(minimum audible angle)として測定される。最小弁別角度とは、継時的に提示される二つの音源が異なった方向に存在する時の知覚可能な最小の角度差、つまり弁別閾である。Mills(1958)によると、最小弁別角度が最大となる音源

の周波数は3kHz前後であり，最小弁別角度1 deg程度となるのは1 kHz以下である。また，方位角が正中面から左右へ増加するにつれて，最小弁別角度も増加することも示している。

最小弁別角度に反映される空間分解能の特徴は両耳間差や音源の周波数により説明される(Middlebrooks & Green, 1991)。仰角の弁別にはスペクトル成分が，方位角の弁別には両耳間差がそれぞれ有効である。

一般に，頭部や耳介の回折や反射のため，両耳における音圧は異なる。音源の周波数が1kHz以下の場合，音波の波長は頭部よりも数倍長くなる。しかし，音源が側方(90deg)に位置しその周波数が高い時，頭部がシャドウ効果を起こし，両耳の音圧レベル差は35dB以上に達する(Middlebrooks, Makous & Green, 1989)。

一方，音源が0 degか180degに位置しない場合，両耳間差が生じ，音源や音像は時間的に早く到達した耳側に定位される。音源から両耳までの音波の伝搬経路差の最大値は23cmであり，これは約690 $\mu$ s(0.690ms)の時間差に相当する(Moore, 1989)。Blauert(1983)によると，両耳間時間差あるいは両耳間位相差は1.6kHz以下で有効とされる。また，1.6kHz以上になると包絡線の両耳間時間差が利用可能である。

ところで，視覚的空間定位を可能にするためには，視対象へ両眼を向けることがもっとも有効である。音源の空間定位においても頭部を音源に直面させる方が定位が正確になるのだろうか。頭部の回転は方位角における定位誤差を減少させたとする研究(Thurlow & Runge, 1967)がある一方で，その効果は限定的であるとする研究もある。Pollack & Rose(1967)は，耳軸面上に提示された音の定位に及ぼす頭部の動きの効果を検討した。音源が側方にあり，頭部が音源に直面するまで音が提示されているとき，頭部の動きは音源定位の正確さを改善した。移動音源定位

においても、100msよりも持続するパルス音に対し頭部を音源に正確に向けることが可能であった(Perrott, Ambarsoom & Tucker, 1987)。音源定位と頭部の動きという行為との協応に関する研究から、音像の提示時間が頭部の動きを始動させるのに十分に長ければ、あるいは頭部を音像方向に向けるまでの持続時間があれば、頭部の運動は定位を支持するように機能すると思われる。

反響音の存在は後に述べるように、距離知覚において重要とされているが、方向定位においても果たす役割は少なくないとする研究がある。Guski (1990)は、反響面が音源の側方・音源の下方・上方にある時の音源定位の正確さを検討した。彼の得た結果では、反響面が存在している場合、方位角の定位誤差よりも仰角の定位誤差が改善された。

Wanet & Veraart (1985)は、空間定位の正確さに及ぼす視経験の効果を検討した。その結果、先天性重度視覚障害者は最も空間定位が不正確であり、特に距離推定では顕著であった。

## 2) 距離知覚

Little, Mershon & Cox(1992)によると、距離知覚を可能にする音響物理的・心理的変数として①音圧、②反響音、③スペクトル成分、④両耳間差、⑤音源の熟知性を挙げている。

第1に、最も有効な手がかりの候補として音の強度を挙げることができる。音の強度は音圧の反映であり、音の強度と距離との関係は、逆二乗の法則に従った関係にある。すなわち、

$$I=1/r^2 \quad (2-1)$$

[ I:音の強度, r:音源から観察者までの距離 ]

Coleman(1963)による包括的な展望によると、自由音場においては、距離が2倍になると音圧は6 dB減少するという。

Gardner(1968 ; 1969)によると、音像距離は音源距離とは無関係であるという。音像距離の減少は音源距離の減少よりも小さい。音像距離が半分になるのに必要とされたレベル差は20dBであった。Blauert(1983)によると、仮に音圧レベルのみが距離知覚の手がかりとなりうるのであれば、音源は音像よりも早く接近してくるとしている。

距離の弁別閾と関連した音圧の変化を検討した研究によると、音圧が5%変化すると距離の弁別が可能となることが示されている(Ashmead, Leroy & Odom, 1990)。Litovsky & Clifton(1992)により、このような音圧の増減を利用した距離知覚は乳児においても可能であった。

Ashmead, Davis & Northington(1995)は静止した音源の距離知覚におよぼす聴取者の移動の効果を検討している。彼らは、 $dp/dr/r$  ( $p$ :音圧,  $r$ :音源までの距離)で記述可能な音圧の変化率を生起させる聴取者の動きは距離知覚を改善することを明らかにした。

第2の候補は、反響音の存在である。Mershon & Kings(1975)の結果では、反響条件下で録音された音像は無響室で録音された音像よりも、8倍遠方に知覚された。Mershon & Bowers(1979)においても、反響音成分に対する直接音の音圧比の大小が距離判断を系統的に変化させた。反響音に対する直接音の音圧比が小さいとき、すなわち、相対的に反響音成分が多い時、聴取者は音像を遠方に知覚する。対照的に、反響音に対する直接音の音圧比が大きい時、すなわち直接音の音圧が反響音の音圧をうわまわる際、聴取者は音像を近距離に知覚する。これは、自然な屋内の音響学的環境下で音源が相対的に遠方に存在する時、直接音の反響音に対する音圧比は少ないという事実と合致する。この比率は周波数成分により異なる。反響音の高周波成分は低周波成分に比して減衰しやすく、従って高周波成分の反響音に対する直接音の音圧比が低い方が遠距離に

知覚される(Butler, Levy & Neff, 1980)。

第3の候補は音源及び環境の音響学的特徴の熟知性である。直接音と反響音の強度比の距離知覚に及ぼす効果の解釈においても、自然な音響学的環境下での聴覚的経験が、見かけの音像定位に影響することを示唆している(Butler, Levy & Neff, 1980; Mershon & Bowers, 1979)。つまり、反響音が存在する環境下での反響音と直接音の強度比及び反響音の時間遅延が実験室における音像の距離知覚に反映されるとしているのである。このような音響学的環境に関する知識は、音源が未知の場合にも利用可能であるが、音源の音響物理的変数(音圧、スペクトル成分など)の熟知性が付加される時、一層距離知覚の正確さが改善される。つまり、音源と環境の音響学的特徴を熟知することが距離知覚に最も効果的と言える(Moore, 1989)。

Coleman(1962)は、屋外で被験者に100試行同一音像を提示し、その後で距離知覚の成績を比較した。その結果、100試行繰り返し音像を提示すると、距離知覚の正確さは改善された。この結果に関するMershon & Bowers(1979)の考察によると、第1試行では距離判断を可能にする明確な知覚の手がかりを利用できなかったが、100試行の音源提示により、スペクトルや音圧の多様性を利用する能力を発達させたため、聴取者の距離判断が改善されたとしている。Gardner(1969)によると、音の強度が小さくても、ささやき声は普通の音声や叫び声よりも近距離に知覚され、音の強度が大きくても叫び声は他の2種類の音声よりも最も遠距離に知覚されたことを報告している。このことは、音圧レベルの手がかりに優先して音響学的特徴の既知性が距離知覚の手がかりとして利用されていることを示している。

第4の候補はスペクトル成分である。これは、特に遠距離(15m以上)



及び近距離（2 m以下）の場合にとくに有効となる。音源が遠距離に位置する時、音波の伝搬経路が長いため、音圧は減衰するが、それに加え、空気吸収(atmospheric attenuation)により周波数に依存した減衰が生じる。空気は低周波よりも高周波成分を吸収しやすいため、知覚されるスペクトル構成は変化する。また、音源に近接した場合頭部・耳介及び外耳道の影響を受け、音波は歪みを生じる(Blauert, 1983)。従って、近距離においても距離に依存したスペクトル構成の変化が知覚される。遠方に音源が存在する場合のスペクトル成分の距離知覚に果たす役割については先行研究が見られるが(e.g., Little, Mershon & Cox, 1992), Coleman(1963)が指摘しているように、近距離についてはあまり検討されていないようである。

第5の候補は、両耳間差である。これは、両耳間の距離に伴う両耳間時間差及び強度差である。Rosenblum, Wuestefeld & Anderson(1996)は、両耳間距離と腕の長さとの比例関係にあるという解剖学的知見を踏まえ、音源まで腕が届くか否かの可能性(reachability)の知覚の正確さに対し、両耳間距離を反映する両耳間差が、重要な役割を果たしていることを明らかにした。

### 3. 移動音源定位

前項では静止音源あるいは静止音像の空間定位に関する先行研究を概観してきた。日常的環境下では聴取者あるいは音源の何れかが移動する事により音像が移動することも少なくない。そこで、この項では静止音源定位と同様に、方向の定位と距離知覚の観点から先行研究を概観する。

#### 1) 方向知覚

静止音源の場合と同様に、音源の移動に関する空間分解能の指標とし

て最小移動弁別角度 (minimum audible movement angle) が用いられる。最小移動弁別角度とは、音源あるいは音像の変異 (displacement) を知覚可能な最小角度である。ただし、最小移動弁別角度を求める際、音源あるいは音像は方位角や仰角の変異のみが生じる条件であって、方向の変化に伴って距離が変化するような状況は想定されていない。移動音源の定位に関与する種々の要因について、最小移動弁別角度を測度とした研究が行われている。この種の研究で被験者に求められる課題は、一般に、① 音像が静止しているのか移動しているのかを判断すること (e.g., Perrott & Musicant, 1977), ② 音像の移動方向を判断すること (e.g., Perrott & Tucker, 1988) の何れかである。

最小移動弁別角度は最小弁別角度のアナロジーとして移動音源へ適用されたため、最小弁別角度と最小移動弁別角度とは類似した特徴を示す。最小移動弁別角度は、正中線上では最も小さく、方位角の増加に連れて大きくなる (Harris & Sergeant, 1971; Grantham, 1986)。方位角と仰角とを比較すると、仰角の最小移動弁別角度の方が大きいことが示されている (Saberri & Perrott, 1990)。また、広帯域波の最小移動弁別角度は純音よりも小さく (Harris & Sergeant, 1971; Perrott & Marlborough, 1989)、一方純音においては1.3~2kHzの音波における最小移動弁別角度が大きい (Perrott & Tucker, 1988)。

Mills (1958) が800Hzで測定した最小弁別角度とPerrott & Musicant (1977) が500Hzで測定した最小移動弁別角度とを比較してみると、0degにおいて、静止音源の弁別角度1degに対し、移動音源の弁別角度8.3degであった。このことは、静止音源に比して移動音源に対する感受性が低いことを示している。

最小移動弁別角度と音源や音像の移動速度とは関連性が指摘されてい

る。実音像を用いた研究(Perrott & Musicant, 1977; Perrott & Tucker, 1988)及びシミュレートされた音像を用いた研究(Grantham, 1986)の結果は共に、最小移動弁別角度と速度とは逆比例関係にあることを明らかにしている。一方、Saberri & Perrott(1990)の認めた結果では、最小移動弁別角度を速度のU字型関数として記述することが可能であった。すなわち、約1.8deg/s以下の低速度になると、高速度と同様に、最小移動弁別角度が大きくなる。

移動音源定位を可能にしている手がかりを直接的に明らかにしようとした研究がPerrott & Marlborough(1989)により行われている。彼らは、20deg/sの速度で移動する音源の移動方向を判断する課題を用いた。一方の条件では音像は50msだけ継時的に提示される。他の条件では音像が10msだけ断続的に異なる2地点から示された。その結果、継時的に音像が提示されると、最小移動弁別角度は他の条件より1/2程度に減少した。彼らは、聴取者は音源の移動を通して取り出すことが可能な空間的情報を利用していると結論づけた。また、Grantham(1986)も音源定位を行うためには、音源あるいは音像の空間的变化を近くすることが必要であると指摘している。

音源あるいは音像の空間的变化に関連する情報を音の可聴時間から取り出しているとする知見が、異なる観点から提起されている。正中面への音源の到達を知覚する際に関与する要因を検討しようとする試みである。そこで用いられる実験条件では、音像の移動により方向と距離とが共変する。

Rosenblum, Carello & Pastore(1987)は、音像の正中線への到達を正確な知覚に寄与する音響学的変数の検討を行っている。彼らは、シミュレートしたサイレン音が被験者の耳軸に並行に移動してくる時、それが

正面に到達したと判断したところで、コンピュータのキーを押すことを求めた。操作された音響学的変数は、①音の強度、②両耳間時間差、③ドップラーシフトであった。その結果、正確な到来の知覚と最も関連のある変数は、音の強度であり、次いで両耳間時間差、最も関連の低かった変数はドップラーシフトであった。

Rosenblum, Wuestefeld & Saldana(1993)は、上記と同様の手続きを用いて①移動音源定位における移動速度の効果、②移動音源定位における遮蔽期の持続時間の効果、③移動音源定位における可聴時間の効果、④移動音源定位における到達した瞬間が聞こえることの効果を検討した。彼らの用いた音材料は、約24km/h、40km/hの速度で路上を移動する乗用車音を録音したものであった(24km/h:2109ms, 40km/h:1859ms)。各速度ごとにこれらを組み合わせ、次のような条件が設定された。

(a)Type 1~3: 刺激音の内、前半、中半、後半のそれぞれの部分

(b)Type 4: 前半+中半

(c)Type 5: 中半+後半

(d)Type 6: 前半+後半

(e)Type 7: 全刺激音(前半+中半+後半)

結果は、次のようになった。

①速度の効果はなかった。

②遮蔽時間が増加すると、移動音源の正中線への到達の知覚は不正確になる。

③Type 3が最も正確であり、Type 7も相対的に正確であるが、Type 5及び6では、必ずしも評価の正確性は認められなかった。到達する瞬間を含んだ条件(Type 3, 5, 6, 7)と含まない条件(Type 1, 2, 4)を比較すると、有意差はなかった。

④フィードバックにより移動音源の到達をより正確に知覚できるようになった。

Schiff & Oldak(1990)は、移動対象が観察者に接近し、接触する瞬間が推定に及ぼす聴覚・視覚モダリティの効果を検討した。彼らを使用した事象は、接近してくるトラック・乗用車・話している人であった。これらは、映像提示条件、音声提示条件、映像＋音声提示条件の3条件で被験者に提示された。接触までの時間を制御するため、上記の事象の提示時間は様々に変化させられた。被験者は、これらが自分に接触すると判断した時に、ボタンを押すことを求められた。Schiff & Oldak(1990)によると、実際の接触までの時間が4 sまでの場合、音声提示条件と映像提示及び映像＋音声提示条件とを比較すると、移動対象との接触の知覚の正確さは同程度であった。

さらに、Schiff & Oldak(1990)は、興味深い知見を見いだしている。上記の3条件に加え、先天性重度視覚障害者5名に音声提示条件で同様の課題を求めた。その結果、①先天性重度視覚障害者は、晴眼者よりも移動対象との接触を正確に特定でき、②先天性重度視覚障害者の正確さは、晴眼者の映像提示条件・映像＋音声提示条件と同程度であったことなどである。これらの結果は、日常的に音声や車輛の接近に伴う音響学的変数の変化を知覚的に学習していることを示している。なお、ここでの知覚学習(perceptual learning; Gibson, 1969)とは、「行為を可能にする刺激の弁別学習」である。

## 2) 距離知覚

Rosenblumらは耳軸に平行な軌道を持つ音源の定位を扱っている。前述したように、この状況には方向と距離の変化が同時に含まれる。一方、正中線上の音源の接近に関しては実験的に検討された研究は少ないよう

である。

ところが、近年、Lee(1976)がブレーキングのタイミングを可能にする視覚情報を明らかにして以来、移動音源と聴取者との距離の知覚に関する情報が検討されている。Shaw, McGowan & Turvey(1991)は、音の強度という音響学的変数を用いて、距離の変化を特定する情報を記述している。すなわち、

$$\tau = 2I / (dI/dt) \quad (2-2)$$

ここで、 $\tau$ は、移動音源と聴取者の距離を特定する情報であり、これは接触までの残り時間として知覚される。 $I$ は音の強度、 $dI/dt$ は、任意の時点における音の強度の1次微分であり、これは音の強度の変化を示す。

#### 4. 移動音源と聴取者の協応

静止音源定位の項で示したように、頭部の動きの効果については検討されているが、移動音源を利用した他の行為（身体の移動とか姿勢を変えるなど）についてはあまり研究が重ねられていない。このような、いわば移動音源と行為との協応に関する研究は車輻音を用いた重度視覚障害者のアライメント(alignment)の正確性の検討として認められる。アライメントとは、例えば自己と平行に往来する車輻の方向など任意の方向に、聴取者の身体を正確に向けることである。アライメントに利用可能な手がかりは、歩道の縁石や往来する車輻の方向である。このアライメント能力は交差点を安全に横断するために不可欠である。

Chew(1986)は、交差点を用いて重度視覚障害者の正確なアライメントに及ぼす車輻の移動方向の効果を検討した。8名の被験者を対象に、並進方向及び横断方向へのアライメントを測定した。つまり、被験者は並進方向・横断方向へ進行する車輻音を手がかりにして、それぞれの方向

に正中線を向けることが課せられた。彼の得た結果では、並進方向よりも横断方向へのアライメントの絶対変動誤差 (absolute variable error) の方が大きかった。しかし、遮眼した晴眼者ではこのような差異は認められなかった。

Chew(1986)はまた、並進方向条件のみを用いて、車輛が進行方向へ進行する場合と、被験者の方向に接近してくる場合を比較した。8名の被験者に関する限り、進行方向による差異は見られなかった。

一方、Guth, Hill & Rieser(1989)でも、並進方向の方が正確なアライメントが可能であったことを報告している。彼らはさらに、連続して車輛が走行するような条件、つまり、継時的に車輛音が提供される条件下におけるアライメントを測定した。その結果、変動誤差が有意に小さくなった。つまり、アライメントの変動が継続的な車輛音により減少したといえる。このことは、車輛の流れが一つの音源となり、それが準拠枠をもたらしたためと考えられる。彼らは、最後に車輛音の可聴時間のもたらす効果についても検討している。そこでは、有意な差異は認められなかったが、短い可聴時間の車輛音も経験の豊富な被験者であれば情報となりうることを示された。

彼らの一連の実験の討論で、Guth, Hill & Rieser(1989)は、知覚学習の過程が、経験を有する歩行者に正確なアライメントを可能にするという。そこでは、歩行訓練士が教示してきたアライメント方略は必ずしも必要ないと主張する。なぜならば、盲の歩行者は、アライメントしている際の自己と車輛との関係、反アライメントしている際の自己と車輛との関係を学習しているため、経験を有する盲の被験者は、車輛音が短時間しか提示されなくとも、あるいは、車輛の進行方向が並進であろうとなかろうと、それらに無関係に車輛音の情報を利用可能であるからだ

結論づけている。

このような経験の果たす役割の重要性を示唆する研究が他にも見られる。石川・村上・田内・峯島(1996)は、横断開始の決定における車輦音の有効性を検討した。彼らによると、歩行歴が3年以上の重度視覚障害者は車輦の発進音を最も多く利用しており、かつ横断の誤反応も少なかったのに対し、3年未満の重度視覚障害者は車輦の停止音を最も多く利用しており、且つ横断の誤反応も多かった。彼らは、車輦の発進音が有効な手がかりとなる理由については議論していないが、車輦音の有効性を規定する要因についても今後検討する必要がある。

また、歩行者は自己と移動音源（車輦や他の歩行者）との方向や距離の変化を知覚しつつ、横断や歩行の停止などの自己の行為を決定しなければならない。このような観点から、移動音と自己の行為との協応、あるいは移動音を用いた自己の行為の制御に関する研究が求められる。

## 5. 反響音定位

これまでは放射音に関する先行研究を概観してきた。ここでは、環境に存在するもう一つの音である反響音に関する研究を概観する。反響音の聴覚的知覚は、コウモリの反響音定位(echolocation)として知られているが、人ではやはり重度視覚障害者のいわゆる障害物知覚に関する研究であろう。次に、障害物知覚に関与する諸要因についての研究を概観する。

### 1) 反響音定位と障害物知覚

重度視覚障害者の中には、接触すること無しに物体の位置、大きさ、などを認知できる者がいることは以前より知られている。このような知覚能力は、従来、障害物知覚(obstacle perception)と呼ばれてきた。



障害物知覚に関連する話題を初めて既述したのは、Diderotの「盲人に関する手紙」(1748)及び「補遺」(1782)である。

彼女は気圧と空気の状態によって、天気が曇りか晴れか、彼女が歩いているのは広場か外路か、外路か袋小路か、開いた場所か閉じた場所か、広い部屋か狭い部屋かを判断した。(中略)彼女は自分の足音と声の反響で、四囲の限られている場所の広さを測った。

(補遺, p.104)

ここで、彼女とは、メラニー・ド・サリニャック(1743-1765)という「ほとんど生まれながらにして視力を失った」盲女であった。

Diderotの記載以来盲人のfacial visionとして長い間謎とされてきたこの能力を、直接的に解明しようとした試みが行われたのは、1940～1950年代になってからであった。

Suppa, Cotzin & Dallenbach(1944); Cotzin & Dallenbach(1950)の一連の研究により、障害物知覚や空間の広がり感の知覚は聴覚的メカニズムによることが明らかとなった。

Jenkins(1985)によると、教室とクローゼットとの違いを聴覚的に弁別することは一般的に可能である。芝田(1996)は、このような空間的広がり感の知覚よりも物体の存在を特定することの方がより高度な知覚機能であるとしている。では、反響音を利用して物体までの距離や属性をどの程度まで知覚することが可能であろうか。

Kellogg(1962)によると、30～120cmの距離範囲では約10cmの誤差で正確に距離を感知しうるとしている。同様に、Rice(1967); Rice & Feinstein(1965); Rice, Feinstein & Schsterman(1965)によると、0.6mの距離において、わずか2.7cmの物体の有無を重度視覚障害者は弁別することが可能であった。

さらに、様々な材質が一对比較で提示されると、ベルベット・ガラス・デニム・金属・板・塗られた板などを区別できることが明らかにされている(Kellogg, 1962)。柔らかな表面は低周波のみを反射するし、堅い表面は高周波を反射する(Stoffregen & Pittenger, 1996)。仮に、音源から広帯域波が発せられると、反響面の材質に対応して反響波が異なる。布などの柔らかい材質からの反響波は、高周波部分が欠損しているであろうし、金属などの堅い物質からの反響波はそれとは異なった周波数成分を有しているであろう。このような反響波のスペクトル成分の違いが材質弁別の音響物理的基礎と考えられる。

このような反響音定位による障害物知覚は、系統的な訓練の結果獲得されているわけではないようである。Ashmead, Hill & Talor(1989)は、4~12歳の先天性重度視覚障害児が物体を回避しつつ歩行することができること、近距離にある物体を静止したままで知覚することができたことを報告している。

Strelow & Brabyn(1982)は、遮眼した晴眼者と重度視覚障害者の反響音定位の正確さを比較した。高さ1.7mのファイバーボードの反響面に沿って歩行する条件では、重度視覚障害者は遮眼した晴眼者よりも逸脱やボードへの接触などのエラーが有意に少なかった。しかし、高さは壁面と同一であるが、直径15cm及び5cmの円柱に沿って歩行する条件では、群間に有意な差異は見られなかった。この結果は、表面積の大きい反響面が重度視覚障害者の歩行をガイドすることを意味する。同様の結果をSchenkman & Jansson(1986)も得ている。反響面が大きいと、反響音強度も大きくなることが情報としての利用可能性を規定していると考えられる。

ところで、コウモリは飛翔中、獲物を反響音定位するためにパルス音

を自ら生成する（松村，1988）。白杖音，特にタッピング音はパルス音であり，重度視覚障害者の反響音定位においてもパルス音は有効であることは想像に難くない。このことを実証したのがSchenkman & Jansson (1986)である。彼らはまた，スペクトル成分の違いが反響音定位に及ぼす効果をも検討した。その結果から，白杖タッピング音のスペクトル成分は反響音定位の正確さには無関係であることを結論づけている。

## 2) 反響音定位に関与する音響学的変数

ではどのような音響学的変数が障害物知覚を支えているのだろうか。Cotzin & Dallenbach(1950)は，反響面に接近していくマイクロフォンからの音を別室で被験者が聴取する実験を行った。この際，音源となるスピーカーはマイクロフォンと同一の台車に設置されていた。その結果，純音が音源となる場合には反響面は探知できなかったが，広帯域波が音源から発せられると反響面は非常によく探知できた。この結果に基づき，彼らは障害物知覚を可能にする音響学的変数の主要な候補としてドップラーシフトによるピッチの変化を挙げている。しかしながら，障害物の探知は静止していても可能であることが指摘されている(Juurmaa, 1970a; Juurmaa, 1970b)。さらに，ドップラーシフトは音源と聴取者との相対速度に依存するが，音源の特性には依存しない。Cotzinらの実験では壁面に接近するにつれて知覚されたピッチ変化は，音源波が広帯域音波のみであった。これらのことから，障害物知覚は必ずしもピッチ変化に依存するわけではなく，しかも聴取されるピッチ変化はドップラーシフトによるのではないと見られている。

伊福部(1993)は，障害物知覚に関与する音響学的変数として，物体の先行音効果・遮音効果・カラーレーションと言われる音色を挙げている。これらの有効性は反響面からの距離に依存する。大別して，2 m以上と反

響面から 1 ないし 2 m 以内である。

反響面から 2 m 以上離れている時、直接音と反響音との間に、10ms 以上の時間遅延が生じる。十分に時間遅延があれば、音像は直接音源と反響面との方向に定位される。そこで反響面と聴取者とが接近すると、最初に波面が到来した方向に音像が定位されるとする第 1 波面の法則、あるいは先行音効果 (precedence effect; Wallach, Newman & Rosenzweig, 1949) に従って、音像は放射音源の方向に定位されるようになる。一般的に、放射音源は足音や白杖音であり、これらは足下にある。反響面から遠距離に聴取者が位置していれば、音像は足下と反響面との方向に定位される。それが、先行音効果に従って、音像が足下に定位されるようになる。先行音効果の有効性は、放射音に対する反響音の時間遅延と、音圧強度の減衰量に依存するため、この効果を利用可能な距離範囲が限定されることが示されている (関・伊福部・田中, 1994a)。

伊福部 (1993) によると、時間遅延が 10ms 以上、距離にして 2 m 以上の距離において、先行音効果による音像の移動が利用されると述べている。換言すれば、1 ないし 2 m 以下での距離では、音像の移動という手がかりは利用しにくいと言える。

では、音像の移動感が生じにくい近距離ではどのような音響学的手がかりが利用されうるのか。第 1 の手がかりは遮音効果である。関・伊福部・田中 (1994b) は、3 名の重度視覚障害者を対象として、3 m から物体に接近する実験を行った。物体の後方からホワイトノイズを放射すると、被験者は平均 38cm 前方で停止した。ところが、ホワイトノイズを除去すると、被験者は物体に接触した。実験状況の音場を分析すると、ホワイトノイズ提示条件では物体面から 1 m 前方より音圧が減少すること、音像の広がり感の指標である両耳間相関係数が距離の減少と共に小さくなっ

ていることなどが認められた。これらの結果から彼らは、物体の遮音効果が障害物知覚の手がかりとなりうると結論している。

第2の候補は、Suppa, Cotzin & Dallenbach(1944); Cotzin & Dallenbach(1950)の挙げたピッチ変化に関連している。広帯域波を放射する音源と反響面との間に聴取者が位置する状況において、反響面からの距離に依存して顕著に知覚されるピッチがある。聴取者と反響面との距離を  $d$ 、 $d$ において最も増幅される周波数を  $f$ 、音速を  $c$ とする時、次のような関係が成り立つ(Bassett & Eastmond, 1964)。

$$f=c/(2d) \quad (2-3)$$

距離  $d$ では、反響音の広帯域波の内、周波数  $f$ のみでなく、 $f$ の整数倍に当たる周波数成分の振幅も最大となる。従って、聴取者は反響音の中に特定のピッチの音色を知覚することが可能である(Stoffregen & Pittenger, 1996)。上記の関数関係から、聴取者が静止している場合でも、距離を特定するピッチを知覚することができるばかりでなく、聴取者が移動することにより、反響面までの距離の変化を特定するピッチ変化を知覚しうることがわかる。Shaw, McGowan & Turvey(1991)が聴取者と音源との距離変化を特定する情報を既述したのと同様に、ピッチを利用して、聴取者と反響面との距離の変化、つまり接触までの距離を特定する情報を既述できる。

Wilson(1966)は、次のような関係を導いている。

$$(df/ds)/f=-1/s \quad (2-4)$$

なお、 $s$ は聴取者から反響面までの直線距離、 $df$ は周波数の変化率、 $ds$ は距離の変化率である。つまり、任意の距離における周波数に対する、距離当たりの周波数の変化率の割合である。この式を  $s$ で変形すると、次のようになる(Stoffregen & Pittenger, 1996)。

$$s = -(f/\Delta f)/\Delta s$$

(2-5)

Stoffregen & Pittenger(1996)は、聴取者が任意に設定した距離の単位  $\Delta s$  だけ移動すると、 $\Delta s$  単位当たりで周波数に対する周波数の変化率の割合も変化すること、その変化の割合が距離を特定する情報となることを指摘している。

このような音響心理学的議論から導かれた仮説が、部分的ではあるが、実験的に実証されている。Bassett & Eastmond(1964)の実験では、一つのスピーカーから広帯域音が提示され、他のスピーカーからは純音が同時に提示された。被験者の課題は、広帯域波ノイズ中の顕著なピッチを聞くこと、ノイズ中のピッチが純音のピッチとマッチするまで、反響面まで歩くか遠ざかることであった。純音の周波数は試行ごとに变化した。Bassett & Eastmond(1964)は、それぞれの純音について選択された距離は(2-3)式で予測されたとおりであったこと、ピッチは反響面からの距離に応じて変化することなどを見いだした。しかしながら、Wilson (1966) や Stoffregen & Pittenger(1996)の導いた仮説については現段階では実証的証拠は提出されてはいない。

関連した研究として、梶井・関・伊福部・田中(1993)がある。彼らは、反響面が右耳側方に存在し、音源が8方向の各々に存在する際の音響学的分析を行った。その結果、音源が反響面と反対方向に位置する際、右耳でのスペクトル上にディップ(凹み)が観測された。これは、放射音と反響音の位相干渉のためである。彼らによると、このディップが物理的起因となり、カラーレーションという特徴的な音色の知覚を引き起こすと解釈している。さらに、梶井・関・伊福部・田中(1994)は、障害物から49.3cmの距離において、放射音と反響音の音圧レベルが総合して30dB以上に達しており、反響音の放射音に対する強度比が1/6以上であれば、

カラーレションを知覚できることを示した。さらに、障害物までの距離が51cmの位置に聴取者がいる場合、僅か0.63cm前後に移動すると、カラーレションにおけるピッチの違いを弁別可能であった。このことは、WilsonやStoffregenらの仮説を間接的に支持すると思われ、今後、さらに踏み込んだ直接的な実証的研究が求められるであろう。

## 6. まとめ

以上、目的歩行に関連すると思われる音響物理的・音響心理学的研究について概観してきた。これまで、ほとんどの聴覚系に関する先行研究は、音響学的変数を厳密に制御するため、実験室内でいくつかの変数を操作するか、あるいはヘッドフォン受聴条件を採用してきた。このようなアプローチに対し、Blauert(1983)は、現実的な音場では複数の音響学的変数が相互作用を起こしているため、実験室で得られた結果を一般化するには留意すべきであると述べている。今後、実験室的に操作された変数間の関係を日常的音場における心理学的分析により、実証していくことが求められる。

特に、移動音源と聴取者の行為や姿勢の関係については、まだ知見が少ないように思われる。この種の知覚と行為の協応に関する研究の多くは、視対象と行為との協応に関して行われてきた(Bootzma, 1989; Bootzma & van Wieringen, 1990; DeLucia & Cochran, 1985; Lee & Young, 1985; von Hofsten, 1987)。移動音源と聴取者の行為の制御に関する研究は、直接的に目的歩行に関連してくることは明かである。芝田(1996)は、移動音源の知覚に関与する判断力は、接近してくる車輛の回避、車道の横断、移動音源などの障害物回避、電車・バスの乗降、信号の利用、目的地発見などの際に必須となることを指摘している。従って、

ChewやGuthらのアライメント研究に加え、いっそう能動的な行為を求めるような聴覚・行為協応課題を用いた研究が求められる。



## 第 3 章

### 本研究の目的と本論文の構成

## 第 1 節

### 本研究の目的

## 1. 問題の所在

前章では空間知識の体制化に関する研究、聴知覚的研究について概観してきた。これらの先行研究を目的歩行に関連づけようとする時、幾つかの問題に遭遇する。

第1に、実験がなされる空間の規模という変数を考慮に入れていないことである。多くの研究では、ある建物内のルートや建物の屋上など比較的狭く閉じられた空間を実験場所として設定している。実験空間が山野と市街地とでは空間知識の正確性が異なることは容易に想像できる。ところが多くの空間知識あるいは認知地図に関する研究では設定された実験環境を詳細に記述してはいないように思われる。さらに、ある特定の場所で得られた知見を相異なった場所で検証してはいない。それは、多くの研究では空間知識とその空間内に存在する利用可能な情報との関連性を前提としてはいないためと思われる。仮に、空間知識の正確性に環境内の知覚的情報の利用可能性が関与しないとする仮定を実証するならば、例えば山野と市街地といった異なる空間における知識の正確性を比較する必要があるだろう。

第2に、上記の前提と関連するが、重度視覚障害者が日常的な目的歩行場面で利用している情報を使用できないような実験条件を設定していることである。五十嵐(1994)は、日常的な空間定位の際に複数のモダリティを有機的に関連づける時、残存モダリティが最も有効に機能すると主張している。多くの実験空間はこれらのモダリティが最大限に有効に機能するように設定されているのだろうか。例を挙げるならば、多くの研究では、実験空間における音響学的特性を記述してはいないため、聴覚モダリティが最大限に利用可能か否かは不明確である。反響音定位により対象物の大きさや材質が弁別できることは既に述べた。放射音と反

響音が存在するような空間では豊かな情報を取り出すことが可能であるとする主張もある(Lee, 1990)。

第3に、音響心理学的研究の多くの場合、音響物理的特性を制御するため、音響心理実験は、無響室か反響音を操作した狭い空間で行われる。Blauert(1983)は、実験室的音響心理研究の知見を無批判的に日常的な音響心理現象へ適用するには注意を要することを指摘している。それは、日常的な音場は放射音と拡散音場とが複雑に絡み合っているが、実験室で制御されている音響学的変数間の相互関連性は十分に明確化されていないからである。つまり、目的歩行の構成要素であるオリエンテーションを支える聴知覚機能を説明したり、あるいは音響心理学的知見を目的歩行理論へ適用するには困難があるといえる。

目的歩行において空間知識が果たす役割が大きいことは自明である。しかし、空間知識を獲得する過程、あるいは目的歩行に利用される知覚的情報の果たす役割もまた少なくない。このこともまた、容易に想像できる。しかしながら、目的歩行で利用される知覚的情報については、その役割は示唆されてはいるが(中田, 1988)、その研究はまだ解明されるべき領域を残している。触知覚と記憶との関連性に関する展望なども本邦で認められる(村中, 1987)。しかしながら、目的歩行における聴知覚の果たす役割については十分な議論が尽くされたとは言えないように思われる。また音響物理学的研究においては静止音源や音像の定位についての研究が多数見られるが、移動する音源や音像の方向と距離の定位に関する研究はまだその端緒に着いたばかりといえるようである。特に、前章においても述べたが、移動音源と聴取者の行為の協応に関しては、芝田(1996)が目的歩行におけるその重要性を強調してはいるものの、その研究はほとんど進展していない。

## 2. 目的

そこで、本研究は、上記の問題を踏まえ、次の①～③の目的を設定した。

- ①重度視覚障害者が目的歩行場面で利用可能な情報を明らかにする。
- ②それらの情報と目的歩行に関連する様々な側面との関連性を明らかにする。
- ③知覚的情報の内、特に目的歩行を可能にしている聴覚的情報を取り上げ、音源の移動に関する聴覚的情報及び転回点の聴覚的情報についての諸特性を明らかにする。

ところで、Foulke(1982)によると、目的歩行研究の主要なアプローチは、課題包括的アプローチと下位スキルアプローチとに大別することができる。課題包括的アプローチは、実際に目的地までの歩行という課題を実施し、回り道歩行・逸脱エラー・ランドマークの方向定位などの指標を用いて、重度視覚障害者の歩行の包括的記述を行う。このアプローチによって目的歩行課題を構成する下位スキルや知覚能力あるいは目的歩行を可能にする手がかり（後に定義するが、本研究では情報と呼ぶ）を同定することができる。しかしながら、実験が行われる空間や被験者による成績の差異が大きくなることが考えられる。そのため、個々の研究で得られた知見の一般化には留意を要する。

他方下位スキルアプローチは、目的歩行が依存するかあるいは関連するこれらの諸要因を詳細に分析することである。例えば、音源の空間定位や障害物知覚に関与する変数の解明を実験室的に行うことなどである。しかしながら、剰余変数を制御した実験室内で、認められた障害物知覚の正確性と市街地における正確性とは異なることが予測される(Foulke,

1982)。

Chapanis(1967)は、実際の環境下では実験室内で操作された変数が剰余変数と予想外の相互作用を起こし、実験室で得られた結論を無効にする可能性があることを指摘している。このような問題を避けるためには、関(1996)の仮想無限障壁のように、仮想現実的手法を用いて変数を操作したり、刺激を提示したりすることが求められるのであろう。

以上、課題包括アプローチも下位スキルアプローチも一長一短が存在する。そこで、Foulke(1982)は歩行補助具・歩行訓練・目的歩行理論の包括的な評価のためには上記2つの研究アプローチが共に用いられるべきであることを強調している。

このような方法論上の議論を踏まえ、本研究では課題包括的アプローチ的方法及び下位スキルアプローチ的手法とを用いる。すなわち、課題包括アプローチとして、環境内に一望できない目的地を設定し、目的歩行課題を実施する。一方、下位スキルアプローチとして聴覚的情報に関与する知覚的要因について実験室的に分析を試みる。

## 第 2 節

### 本論文の構成と用語の定義

## 1. 論文の構成

本論文は、実際に目的歩行を課題として重度視覚障害者に課す研究と聴覚的情報に関する要因計画的実験とに大別される。

第4章第1節では、まず予備調査を実施し、多様な生活空間を有する重度視覚障害者を対象として、日常的に利用されている情報を収集する。第2節では、予備調査で得られた示唆が実際の環境下で適用されるのかを検討する。地下街に歩行経路を設定し、出発点からは一望できない終点までを歩行することを求め、そこで利用されている情報と目的歩行の正確性・一望できない地点の方向定位の正確性との関連を明らかにする。

第5章では、目的歩行実験で明らかになった聴覚的情報について実験を行う。まず、転回点という聴覚的情報を最も有効に取り出すことが可能となるような要因について検討する。その際、実験室で障害物を設定するといった従来のSuppaやCotzinらの研究手法ではなく、目的歩行が実際に実施された環境内の特定の転回点を選択し、その音場をバイノーラル録音・ヘッドフォン再生技法により聴覚刺激を提示するという手法を採用した。このことにより、できるだけ実際の環境下の音場と類似した音響学的条件における要因の制御が可能となる。

第6章では、音源の移動という聴覚的情報の知覚及びそれと行為との協応に關与する移動音源の要因について検討する。

そして第7章第1節では、目的歩行中の発話・目的歩行の正確性・方向定位の正確性・転回点の聴覚的知覚の正確性・移動音源定位及び移動音・行為協応の正確性の複数の指標間の関連性を事例的に検討する。



## 2. 用語の定義

本論に入る前に、以後使用される用語の内、特に重要と思われる概念について定義を行う。

### 1) 目的歩行(navigation)

目的歩行とは、市街地や山野において、出発点と終点を含んだ経路を定め、自己の位置を周囲の環境内で定位し、終点との関係において定位しつつ、身体を終点となる地点まで移動させることとする。この操作的定義はPsathas(1976)のいうナビゲーション(navigation)と酷似している。あえて相違点を示すとすれば、Psathas(1976)のnavigationでは、身体の移動は徒歩によらずとも交通機関を使用することも含むであろう。しかしながら、本研究では交通機関などの身体移動の手段に関する議論は行わないことから、徒歩による身体移動に用語を限定する。また、狭い室内などにおいて出発点と終点とを定めて歩行することは、日常的によく行われるが、このような状況下では出発点の位置から終点を一望することができる。出発点から終点が一望できるか否かは、目的歩行そのものの性質を差異化する。そこで議論を限定するために、本研究における目的歩行は出発点から終点が一望できない経路の身体移動のみに言及することとする。

なお、出発点から終点まで身体を空間的に移動させることをモビリティ(mobility)とし、周囲の環境内に自己を定位すること及び終点との関係で経路上に自己を定位する事をオリエンテーション(orientation)とする。

### 2) 重度視覚障害者

本研究では、重度視覚障害者あるいは単に視覚障害者とは、重度の視機能障害を有する視覚障害者を意味する。本論文でいう重度の視機能障

害とは両眼の視力が光覚以下であり、歩行補助具を用いずに単独歩行を行うことが困難な程度の視機能障害とする。実際、本研究に参加した重度視覚障害者は光覚以下の視力であった。

### 3) 先天性重度視覚障害者及び後天性重度視覚障害者

佐藤(1974, 1988)の視覚障害の分類を参考に、次のように操作的に定義した。先天性重度視覚障害者とは、視覚的記憶あるいは視覚表象を有することのない重度視覚障害者とする。一方、後天性重度視覚障害者とはそのような記憶や表象を有する者とする。従って、これらの分類は失明年齢によるものではなく、被験者の自己報告に基づいている。

### 4) 転回点(transition)

転回点とは、通路と通路との交差点、あるいは歩行者が進行方向を選択することを求められる経路上の地点とする。従って、必ずしも通路同士が交差していなくとも歩行者が進行方向を選択する地点は転回点とする。

### 5) 情報(information)

Shannon & Weaver(1949)の情報理論におけるある種のパターンや構造が情報である。情報科学の分野では、情報とは、抽象的で構造化された何かであり、それは媒介に依存しない何かである。従って、情報は多数の異なった媒体により伝達され、一つの媒体から他の媒体へ変換されうる。故に、情報はそれ自体アモダルである。すなわち、感覚モダリティとは無関係である。しかも、感覚モダリティから取り出された情報は言語媒体へと変換されうる。

知覚的情報とは、単一モダリティ(uni-modality)、複数モダリティ(multi-modality)、間モダリティ(inter-modality)の何れか一つにより取り出される何かと見なすことができる。例えば、転回点という情報は、

概念的な属性である。なぜなら、転回点はそれを構成する物理的材質やその場所の形状に無関係だからである。転回点であるという知覚的情報は、その場所の形状を視覚モダリティによって光学的に取り出すこと、聴覚モダリティにより音響学的に取り出すこと、そして触覚モダリティにより経路の交差点を流れる空気を感じるものの何れか一つ、複数あるいはそれらの連関により伝達されることが可能である。

本研究で用いられる聴覚的情報とは、上述した知覚的情報の狭義の情報である。すなわち、特に聴覚モダリティを主として取り出される情報に言及した用語とする。

なお、聴覚的情報を伝達するのが音響物理的変数である。音響物理的変数が適切な値になった時、あるいは変数間の有機的連関が適切な関係を示した際に、環境内から聴覚的情報が取り出されると考えられる。

## 第 II 部

### 本論

## 第 4 章

### 大規模地下街の 目的歩行に利用可能な 知覚的情報

## 第 1 節

( 予備調査 )

重度視覚障害者が  
日常歩行の際に利用する情報の  
予備的検討

## 1. 目的

前章の問題を踏まえ、まず予備調査を実施し、利用される情報についての示唆を得ることとした。すなわち、本調査は次のことを目的とする。

- ・先天性及び後天性の重度視覚障害者が日常的目的歩行場面において、どのような情報を利用しているのかを明らかにする。

## 2. 方法

### 1) 被験者

得られたデータに偏りがないようにするため、単独歩行期間、移動可能な生活空間の範囲、年齢などの基準により6名の重度視覚障害者を抽出した。そのうち先天盲は3名、後天盲は3名であった。年齢は17歳から28歳であった（詳細はTable 4-1参照）。

### 2) 面接内容

個別に半構造化された面接を実施した。面接内容は次の通りである。

- ①「日常的にあなたが行く場所に到達するために重要な地点や場所はどこですか。」
- ②「そのような地点や場所を歩行する際の手掛かりは何ですか。」

なお重要な場所とは目的地に向かう際に迷うと到達できない様な地点や場所である事を調査対象者に説明した。

### 3) 調査実施時期

6名は1992年7月から12月にかけて1回面接を実施した。

## 3. 結果と考察

面接調査の結果、重度視覚障害者が或る場所から他の場所への移動に際し、重要と認識している地点や場所はおおよそ道路の交差点、駅の位

置や駅構内建物での入り口であった。また建物内では階段や部屋の出入り口であった。これは、質問紙法を用いて視覚障害者の利用する情報を検討した研究（山本・芝田・増井，1992）とおおよそ合致する。

ではそれらの重要な地点や場所でどのような情報が取り出されているのだろうか。得られた面接内容についていくつかの観点で検討して見よう。

#### 1) モダリティごとの情報数

まず情報入力モダリティ別の情報量についてみる。Table 4-2にモダリティ別の情報数を示す。聴覚的情報の総数は18，触覚的情報は12，嗅覚的情報は1，視覚的情報は1，複数の感覚による情報は1であった。このことから音源の属性を規定する情報をもっとも頻繁に使用されていることがわかる。

#### 2) 固定及び移動情報

Table 4-3に調査対象者の列挙した内容を示す。これらを見ると、挙げられた情報の内容は多様であるといえる。これらの項目は①固定情報（改札音，点字ブロック，壁面など）及び②流動情報（電車・車輦音など）と大別することができる。流動情報の内，「車輦のエンジン音の流れ・変化」では6名中6名，「ヒトの足音・話し声の流れ」では5名，一方固定情報の内，「改札口の鉄の音」では5名，「改札口の自動改札音」では5名であった。6名中4名が挙げた項目は固定情報であり，「特定の場所から聞こえて来る人の声」，「路面の材質」，「点字ブロック」，「壁」であった。つまり4名以上が挙げた項目は33項目中8項目であり，少数の項目に集中していた。

上記の結果より，重度視覚障害者が目的歩行に際し，利用している情報は少数のカテゴリーに分類されることが示唆された。反響音を含め，



聴覚的モダリティによる情報が多用されていることも示唆された。

#### 4. 今後の課題

以上、本調査から、利用される情報が少数である事、モダリティ別に見ると聴覚的情報の利用が多い事が示された。この予備調査では情報について日常場面を想起しながら被験者に発話することを求めた。このような言語報告によって、少なくとも自覚的に利用している知覚的情報に関する資料を得られることが確かめられた。無自覚的に利用している知覚的情報を明らかにするためには、統制された実験室における要因計画的な研究が求められる。しかしながら、実際の目的歩行場面における利用可能な情報の候補が特定されていない現段階では、限界は否定できないにせよ、知覚的情報を反映すると考えられる発話を分析することが有用であると思われる。そこで、次節では目的歩行場面を設定し、歩行中に発話を求めながら限定された環境における利用可能な情報について検討する。これにより、さらに、目的歩行における利用可能な情報の候補を絞り込むこととする。

Table 4-1 調査対象者のプロフィール

対象者	年齢	性別	視力	白杖（盲導犬）歩行年数
A	29	男	0	白杖及び盲導犬歩行10年以上
B	19	男	光覚	白杖歩行10年以上
C	17	男	0	白杖歩行1年未満
D	26	女	0	白杖歩行3年
E	28	男	0	白杖歩行10年以上
F	20	女	0	白杖歩行10年以上

Table 4-2 入力モダリティ別の情報数

入力モダリティ	聴覚	触覚	嗅覚	視覚	複数	計
項目数	18	12	1	1	1	33

Table 4-3 各情報を挙げた対象者数 (1)

( )内は延べ人数

情報特性	対象者数
変化・流動情報	(19)
車輦のエンジン音の流れ・変化	6
ヒトの足音・話し声の流れ	5
(白杖、周囲の音による)反響音の変化	3
電車の加速音の時間的長さ	2
自転車の音	2
風の流れ	1
固定・音元情報	(29)
改札口の鉄の音	5
改札口の自動改札音	5
特定の場所(隣家、幼稚園、テニスコート、教室) から聞こえて来るヒトの声	4
券買機	3
チャイム音	2
パン屋の匂い	2
音声信号の音	2
駅構内放送	1
自動ドアの開閉音	1
パチンコ屋の音	1
パン屋のピアノの音	1
踏み切りの音	1
エスカレータの音	1

Table 4-3 各情報を挙げた対象者数 (2)

( )内は延べ人数

情報特性	対象者数
固定・対象物情報	11/33(23)
路面の材質	4
点字ブロック	4
壁	4
道路の縁石	3
柱	2
建物	1
階段	1
消火栓	1
ドアノブ	1
金属性のマット	1
植え込み	1
その他	3/33(3)
バスのアナウンス	1
建物の陰	1
開けた感覚	1

第 2 節  
( 実験 1 )

非視覚的目的歩行の熟練度の違いによる  
歩行及び方向定位の正確性・歩行中の情報の  
比較検討

## 1. 問題

目的歩行場面では、重度視覚障害者の場合、見えの変化を知覚できないため、聞こえ・触・匂いなどの知覚の中から自己の定位を支える情報を見いださなければならない。Passini, Delisle, Langlois & Proulx(1988)は、晴眼者と比較すると重度視覚障害者は歩行時に使用する手がかりが多いことを示唆している。しかしながら、彼らは発話分析を行っているが、被験者の発話の特徴と目的歩行の正確性との関連性については議論していない。

## 2. 目的

本実験の目的を次のように設定した。

- ①視覚情報以外に多様な情報が存在すると仮定される大規模地下街における非視覚的目的歩行に利用される情報に関する示唆を得る。
- ②空間知識の正確性の指標として一望できない場所の方向定位の正確性、目的歩行の正確性、利用可能な情報の三つの間の関連性を考察する。

上記の目的を達成するために、本実験では非視覚的目的歩行に熟練している重度視覚障害者（以下、視覚障害者とする）及び未熟な遮眼した晴眼者に被験者を求めた。また、移動中に継続的に言語報告を求め、それらを基に主として発話分析を行う。利用される情報を検討するには、可能な限り、環境内の情報を制御し、被験者の目的歩行の正確さを従属変数とすることが求められる。しかしながら、このような制御は実験室でこそ可能であり、大規模地下街のような実際の環境下では不可能である。このような複雑な環境では、知覚的経験に言及した発話を基に、利用されている環境内の情報を推論することが有効となる。非視覚的目的歩行に利用される情報に関する先行結果や仮説が得られていない現状で

は、実験者が恣意的に情報を制御するよりも、知覚された事象を完全に包括しないにせよ、語られた発話を利用することが本実験に適していると思われる。

### 3. 方法

#### 1) 被験者

##### (1) 視覚障害群

視覚障害者と言っても彼らの生育史や生活空間は多様であり、それらのことが非視覚的目的歩行における情報の利用可能性を規定することが予測される。そこで、本実験では白杖を利用して外出することが日常的であり単独歩行経験を有している視覚障害者を被験者に求めた。実験の対象とされた視覚障害者は、6名（男4名、女2名）であった。白杖単独歩行に熟練したいわゆる「優れた歩き手」を視覚障害群の被験者とした。被験者の抽出に当たっては本来、標準化された白杖単独歩行尺度などによる評価結果を基にする事が望ましい。しかし、現在そのような利用可能な尺度が存在しないため、本実験では国立大学付属盲学校教諭及び被験者の知人の意見を参考に6名を選択した。全て白杖歩行を日常的に行っており単独歩行期間は2年以上であった。なお、彼らには他の障害は認められなかった。

##### (2) 遮眼群

3名（男1名、女2名）の晴眼の大学生が被験者として選ばれた。年齢は22歳から23歳であった。彼らには何ら障害は認められなかった。

全ての被験者は、実験経路の歩行経験を有していなかった。

#### 2) 歩行経路

実験に使用された歩行経路は、都内主要ターミナル駅地下街に設定さ

れた。Figure 4-1(a-d)に実験場所及び経路を示す。経路の設定にあたっては、次の事が考慮された。

- ① 移動音源，静止音源をはじめとする聴覚的情報が豊富であること。
- ② 階段や斜面などの地面の変化，匂いなど聴覚情報以外の非視覚的な情報が経路上やその付近に豊富であること。
- ③ 風の流れが一定であり，陽光が情報として利用できないこと。
- ④ 車輛の往来がなく，被験者の安全が確保できること。

経路の全長は，約420mである。経路上の転回点は8，階段は3ヶ所である。

### 3) 課題

被験者に求められた課題は次の4種であった。

#### (1) 目的歩行課題

目的歩行の正確性を評価するために本課題が実施された。被験者は，歩行経路を一度歩行しその経路を記銘することを求められた。その後，出発地点から終点まで独力で歩行することが課せられた。

目的歩行遂行中，経路から逸脱し3分経過しても経路上に戻ることができない場合，エラーとして記録された。その基準は経路提示段階で被験者に対し学習を求めた経路より1m以上の逸脱とした。逸脱した場合，実験補助者が被験者を経路上まで誘導し，目的歩行課題が再開された。経過時間は，実験者及び実験補助者の協議の結果恣意的に決定された。予備実験の結果，3分以上経過すると，過大な逸脱が経路への復帰を困難にすると見なされたからである。エラーが少なければそれだけ目的歩行経路を正確に記銘していると判断された。

#### (2) 言語化課題

目的歩行中に利用された情報を推論するためにこの課題が設定された。



目的歩行課題中、被験者には歩行中に聞こえるもの、において、足下の感覚など、気付いたことをその都度言語化することが課せられた。発話は被験者が携帯しているデジタルオーディオレコーダーにより録音され、後の分析に利用された。

### (3) 方向定位課題

空間知識の正確性の指標の一つである方向定位の正確さを評価するために本課題が設定された。目的歩行遂行中に、被験者は経路上の3地点、すなわちFigure 4-1(a)中のT1・T3・T6において出発点の方向を時計の文字盤上の数値(1~12)で答えることを求められた。数値は後に角度に変換され分析に使用された。

### (4) 目的歩行説明課題

目的歩行中のエラーが正確に修正されたか、歩行経路が正確に想起されたかを評価するために、本課題が設定された。目的歩行課題の後、歩行した経路と経路上の手がかりを未経験の第三者に対して説明することが課せられた。対話形式の説明は、デジタルオーディオテープレコーダーに録音され、後の分析に使用された。

## 4) 手続き

実験は個別に実施された。実験手続きは次の3段階に大別される。なお、遮眼群の被験者は経路想起段階を除き、全て遮眼して実施された。

### (1) 経路提示段階

両群の被験者に対し、経路が提示される段階である。両群の被験者は実験補助者の方向指示に従って経路を1回歩行した。被験者は出発点から終点までを歩行し、経路を記憶することを求められた。

### (2) 経路歩行段階

この段階では目的歩行課題・言語化課題・方向定位課題とが実施され

た。両群の被験者は、経路提示段階で案内された経路を独力で歩行することを求められた。ただし、接触や落下の不安を軽減するため、遮眼群の被験者の場合、実験補助者が並んで歩行した。彼らの場合、課題は、遮眼した晴眼の被験者が自ら進行方向を実験補助者に指示することにより行われた。この時、白杖は利用しなかった。被験者は歩行中経路上の3地点で停止され、方向定位課題が実施された。

### (3) 経路想起段階

上記の課題終了後、全ての被験者は目的歩行説明課題を行った。

実験の所要時間は約2時間であった。

## 4. 結果

### 1) 目的歩行中のエラー数

まず、目的歩行課題遂行中のエラー数とその内容について、被験者ごとにTable 4-4に示す。Table 4-4中、“over”は「行き過ぎ」であり転換せずに直進したこと、“under”は「手前過ぎ」であり転換方向は正しいにもかかわらず方向転換が早すぎたこと、“miss”は「転換の誤り」であり転換方向そのものが異なることをそれぞれ意味している。

エラー数が少ない順に列挙すると、視覚障害群の場合B3:1, B1:4, B4:4, B2:5, B5:5, B6:8であった。遮眼群では、S1:7, S3:7, S2:10であった。なお、群間で比較してみると、各群の平均値は、視覚障害群:4.50, 遮眼群:8.00であった(Table 4-4)。Mann-Whitney testを実施したところ、5パーセント水準で有意差が認められた( $U(3, 6)=0; p<0.05$ )。このことは、視覚障害者は遮眼した晴眼者よりも正確な目的歩行を遂行し、エラーが少なかったことを意味する。

エラーの内容を見てみると、視覚障害群では、「行き過ぎ」:15, 「手

前過ぎ」：7，「転換の誤り」：4であった。一方，遮眼群では，「行き過ぎ」：11，「手前過ぎ」：6，「転換の誤り」：6であった。「行き過ぎ」が最も多く，「転換の誤り」が最も少ないという傾向は両群に共通していた。なお，B6は，T8とT7との間に終点を定めたため，T8に到達しなかった。

## 2) 角度誤差

次に方向定位課題の結果をTable 4-5に示す。エラー数と同様に，各被験者ごとに3地点の合計角度誤差を示すと，視覚障害群では，B1:27.0，B3:42.0，B4:57.0，B6:63.0，B2:147.0，B5:252.0となった。一方，遮眼群では，S2:59.0，S3:207.0，S1:239.0となった。なお，平均値をみると，視覚障害群は98.00，遮眼群は168.33となった。しかしながら，視覚障害群の内B1及びB3の角度誤差は相対的にかなり小さいものの，B2及びB5は遮眼群のS2よりも大きな誤差を示していた。

次に，課題を行った3地点を比較してみる。B1・B3・B4・B6では，3地点による誤差に変化がないか，むしろ減少している。一方，B2・B5・S1・S2・S3では，共に，T3よりもT6における誤差の方が大きくなっている。彼らについては，指示地点からの距離が遠ざかる程，誤差が大きくなっていることがわかる。

では，エラー数と角度誤差とはどのような関係にあるのだろうか。Table 4-4からエラー数の少ない順に角度誤差を列挙してみると， $42.0 < 27.0 < 57.0 < 147.0 < 252.0 < 207.0 < 239.0 < 63.0 < 59.0$ となっていた。9名中5名については，エラー数が少ないほど角度誤差も小さいことが示唆される。しかしながら，B6とS2が全体的に見てB2やB5よりも角度誤差が小さいにもかかわらず，エラー数が多い。B5のエラー数は4番目同順位で少ないが，角度誤差は9名中8番目に大きい値を示している。B5・B6・S2

に関する限り正確な目的歩行の遂行と経路上の地点の正確な同定とは必ずしも関連があるわけではないことを示唆しており、このことは注目すべきであろう。つまり、転回点と転回方向の知識と一望できない地点の方向に関する知識とは関連性はあるものの、区別できる2種の知識であるのかもしれない。

### 3) 発話分析

ここでは、目的歩行中及び目的歩行説明における発話の特徴をみることにする。

#### (1) 全般的特徴

視覚障害群では、概して地面、音源、壁面、空気の動き、においなどが発話されている。地面に関しては、「足元が変わりました」、「下のタイルがつるつるになりました」、「点字ブロックが出てきました」などである。音源については、「機械のような音がしています」、「ごうごう音がしています」などである。自己と音源との空間的継時的変化に関する発話は、「人が左側をすれ違っています」、「排気口のような音が右側にします、今過ぎました」などである。壁面については、「右側に壁があります」、「今右側の壁が切れました」、「また右側に壁」、「右側壁がなくなりました、またあります」などである。空気の動きについては、「右側あいて風が吹いています」「風が吹いてきました」などである。においについては、「本の匂いがします」などである。

一方、遮眼群では、人の動きや改札音などの音源、空気の動き、空気の温度、地面、匂いなどに関する発話が見られる。音源に関する発話は「なんか音楽聞こえる」「靴の音、右の方から」「ああ、ジャリンて」などである。空気の動きに関しては、「風、上の方」「さっきより風を

冷たく感じる」などである。空気の温度に関しては「生暖かくなってきて」などであり、地面に関しては「盲人用のいぼいぼ」であり、においに関しては「たくわんのにおいがする」などである。

視覚障害群と遮眼群の発話を比較してみると、空気の動きや温度、におい、音源、地面に関する発話は共通して認められる。視覚障害群に特徴的なのは、自己と音源との空間的継時的変化、壁面の存在とその変化、柱の存在に関する発話である。

## (2) 発話の分類カテゴリー

上記のように、視覚障害者と遮眼した晴眼者とではその発話に相違点が見られるようである。そこで、類似点と相違点とをより明確にするために、発話を幾つかのカテゴリーに分類することを試みた。上記の発話の内、においや温度に関する発話は、対象が特定できない発話である。それに対して、音源、人、柱などは、発話された対象が明確な発話である。さらに、壁面の変化や空間の変化は、地下街の空間的構造とその変化を明確に示し、斜面や地面の凹凸に関する発話は地下街の地面の形状を示す発話である。そこで、対象が明確か否か、地下街の空間的構造と地面の形状などから次のようなカテゴリーに発話を分類した。

### (a) 顕著な対象物に関する発話（「対象物」と略す）：

「ドーナツ屋さん」(B2)・「左に改札口があって、右にも改札口があって」(B4)などは、環境内に存在する特徴的な事物つまり顕著な対象物と見なすことができる。そこでこの種の発話を顕著な対象物に関する発話というカテゴリーに含める。

(b) 大地に関する発話（「大地」と略す）： 「今、点字ブロックがありました」(B1)・「坂を上ってきました」(B4)などは、大地の変化を意味する。これらの発話を大地に関する発話のカテゴリーに含

める。

(c) 面の知覚に関する発話（「面」と略す）： 「今、右にずっと壁があります」(B1)は、大地と角度をなす面が存在することを意味する。「左になんか抜けてます、開けた空間」(B3)は面の消失や空間の構造が知覚されていることを意味する。これらの発話を面の知覚に関する発話とする。

(d) 人の動きに関する発話（「人」と略す）： 「右から人、左から人がきた、曲がります」(B3)・「左に階段を上っている人がいっぱい」(B4)などは、人の存在や移動を知覚していることを意味する。そこでこれらの発話を人の動きに関する発話のカテゴリーに含める。

(e) 非対象的発話（「非対象」と略す）： 「バツタンて」(S1)・「空気がとても熱くなってきた」(S1)・「甘い匂いがする」(B4)・「風が上から」(S1)などは、聴覚的刺激、触覚的刺激、嗅覚的刺激に関する発話である。これらの発話を非対象的発話というカテゴリーに含める。

### (3) 評定とその信頼性

発話の分類は、逐語録を元に2名の評定者が個別に実施した。評定者間一致率を求めたところ、 $r=0.866$ となった。なお、一致しなかった発話については筆者が他の評定者の意見を参考に分類を行った。

### (4) 各課題ごとの発話カテゴリーの群間比較

では、各課題で発話カテゴリーの分布にどのような特徴があるのだろうか。Table 4-6に、各カテゴリーに占める発話の割合と発話度数を各被験者及び群ごとに示す。

視覚障害群をみると次のようになった。

B1：「対象物」>「大地」>「面」>「非対象」>「人」

B2: 「対象物」 = 「大地」 > 「面」 = 「非対象」 > 「人」

B3: 「対象物」 > 「非対象」 > 「大地」 > 「面」 > 「人」

B4: 「対象物」 > 「面」 = 「非対象」 > 「大地」 > 「人」

B5: 「対象物」 > 「大地」 > 「非対象」 > 「面」 > 「人」

B6: 「大地」 > 「対象物」 = 「非対象」 > 「面」 > 「人」

視覚障害群の被験者に関する限り、「対象物」が最も多く「人」が最も少ない傾向にあった。

一方、遮眼群をみると、次のようになった。

S1: 「人」 > 「非対象」 > 「対象物」 > 「大地」 > 「面」

S2: 「人」 > 「非対象」 > 「大地」 > 「対象物」 > 「面」

S3: 「対象物」 > 「人」 > 「非対象」 = 「大地」 > 「面」

「面」に関する発話が3名に共通して最も少なかった。「人」に関しては2名で最多で、且つ1名で二番目に多く発話された。

視覚障害者では固定音源や柱などの対象物、地面の変化、壁面などに関する発話が多い一方で、人の動きに関する発話が少ない。遮眼群では、人の動きに関する発話が多く、壁面に関する発話が最も少ないことがわかる。

ちなみに平均値を比較してみると、群間で最も大きな差異が認められたカテゴリーは、「面」であった。各カテゴリーについてMann-Whitney testを実施したところ、「面」( $U(3,6)=0$ ;  $p<0.05$ )及び「人」( $U(3,6)=0$ ;  $p<0.05$ )について有意差が認められ、「対象物」については有意傾向が認められた( $U(3,6)=2$ ;  $p<0.10$ )。

次に目的歩行説明課題についてみることにする。Table 4-7に、各カテゴリーに占める発話の割合と発話度数を示す。各被験者ごとにみると、次のようになった。

B1: 「大地」 > 「対象物」 > 「面」 > 「人」 > 「非対象」

B2: 「対象物」 > 「大地」 > 「面」 > 「人」 = 「非対象」

B3: 「対象物」 > 「面」 > 「大地」 > 「人」 > 「非対象」

B4: 「面」 > 「大地」 > 「対象物」 > 「人」 > 「非対象」

B5: 「大地」 > 「対象物」 > 「面」 > 「非対象」 > 「人」

B6: 「大地」 > 「対象物」 > 「非対象」 > 「面」 = 「人」

B1・B2・B3・B4の4名に共通することとして、「非対象」に含まれる発話が最も少ないことが挙げられる。しかしながら、B5・B6の2名では、「人」が最も少なく、「非対象」は3ないし4番目に発話が多い。

次に遮眼群の被験者をみると、次のようになった。

S1: 「大地」 > 「対象物」 > 「非対象」 > 「人」 > 「面」

S2: 「大地」 > 「対象物」 > 「非対象」 = 「人」 > 「面」

S3: 「大地」 > 「対象物」 > 「非対象」 = 「人」 = 「面」

3名全てにおいて「大地」に含まれる発話の割合が最も多いこと、「面」に含まれる発話の割合が最も少ないことがわかる。彼らの場合、「非対象」に関する発話が3番目に多いが、これは視覚障害群のB5やB6に類似しており、このことは注目すべき傾向である。

ちなみに両群で各カテゴリーの平均値を比較してみると、「面」に含まれる発話の間にもっとも大きな差異が認められる。前の課題と同様に、Mann-Whitney testを実施した結果、「面」カテゴリーについてのみ有意差が認められた( $U(3,6)=0$ ;  $p<0.05$ )。他のカテゴリーについては有意差は見られなかった。

#### (5) 目的歩行説明の正確さの検討

目的歩行の説明が正確か否かを検討するために、各転回点での方向転換に関する発話と、実際の移動経路とが一致していた数を被験者ごとに



合計した。例えば、転回点1では実際の歩行経路は右折するのであるが(Figure 4-1), このことを示すような発話は、方向が一致した発話と見なされた。取りうる値の範囲は0~8である。視覚障害群では、4名が一致数8であり、1名が一致数7、1名が一致数6であった。一方、遮眼群では2名が一致数3であり、1名が一致数0であった。平均値を求めたところ、視覚障害群では7.5、遮眼群では2.0となった。Mann-Whitney testを実施した結果、5パーセント水準で有意差が認められた( $U(3,6)=0$ ;  $p<0.05$ )。このことから視覚障害者は晴眼者よりも正確に目的歩行を説明したといえる。

## 5. 考察

以上得られた結果をまとめると、次のようになる。

- (1)視覚障害群は遮眼群よりも目的歩行中のエラーが少なかった。
- (2)概して、視覚障害群は遮眼群よりも各方向定位地点における角度誤差が少なかった。
- (3)発話分析の結果から、視覚障害群は遮眼群よりも「対象物」や「面」に関する発話が多かった。

これらの結果について以下に考察を加える。

まず、各群の標本は少数であるものの、両群を比較してみる。視覚障害群は遮眼群よりも目的歩行中の逸脱エラーが少なかった。このことは、結果でも触れたように、視覚障害群の被験者は遮眼群の晴眼の被験者よりも正確に目的歩行を遂行したことを意味する。本研究で得られたこのような結果は、迷路での経路発見課題(way-finding task)を用いて視覚障害者と遮眼した晴眼者との成績を比較検討したPassini, Proulx & Rainville(1990)の結果と合致する。すなわち、彼らの得た結果において

もまた、先天性視覚障害者が遮眼した晴眼者よりも優れた成績を示していた。また、視覚障害群は遮眼群に比して方向定位課題における角度誤差が少なかった。このことは、視覚障害群は遮眼群よりも正確な空間知識を獲得していることを意味する。本研究では、経路の出発地点を異なる地点から指示することにより空間知識の正確性を評価した。それによれば、視覚障害群と遮眼群とでは約70度の差が認められた (Table 3)。しかも出発点と方向指示地点との経路上の距離が離れるにつれて、誤差が大きくなる傾向を示す被験者と、距離に無関係にほぼ一定の誤差を示す被験者とに大別された。前者は後者に比して目的歩行中のエラーが多くなる傾向を示した。以上のことから、正確な空間知識と目的歩行の正確性との関連性が示されたといえる。つまり、経路を正確に歩行することが可能な者は空間知識も正確であるといえる。

そこで、目的歩行中の発話を見てみる。これらの発話は少なくとも目的歩行中に自覚的に知覚された情報を反映すると思われる。Table 4-6から、視覚障害群と遮眼群との間に「面」に含まれる発話の割合が有意に異なることが示された。すなわち、視覚障害群の被験者は遮眼群の被験者よりも壁面の存在やその消失・空間の広さなど、空間の構造に関する発話が多いことが示された。このことから、視覚障害群の被験者は遮眼群の被験者よりもこの種の知覚情報を利用しているといえる。すなわち、正確な目的歩行を遂行し、正確な空間知識を獲得するためには、「面」を特定する知覚情報の利用可能性の有無が重要な役割を果たしていると考えられる。

では、「面」に言及した発話が反映する壁面の存在や空間の広さなどはどのように知覚されるのか。壁面の存在や断絶に関する情報は、接触や聞こえなどの触覚及び聴覚的モダリティによっても伝達されうる。し

かしながら、「面」に含まれる発話の中には、「左になんか抜けてます」、「開けた空間」、「ちょっと広い所に出て」、「狭くなってきました」などの発話が認められた。これらの発話が意味する知覚経験は、触覚や嗅覚などのモダリティによるのではないことは明らかである。先行研究により、この種の知覚情報は、音源からの直接音とそれが壁面や柱などに反響して観察者に到来する間接音により伝達されることが明らかとなっている。従来、接触することなしに壁面の存在・空間の広さ・天上の高さなどを探知することは障害物感覚(obstacle sense)という重度視覚障害者が持つ能力として知られてきた。障害物感覚を規定する要因を音響学的に分析した研究によると、(1)壁面による遮音効果、(2)直接音に対する間接音の遅延時間とその変化、(3)反響音の音色などの果たす役割が重要であることが明らかとなっている(伊福部, 1993)。

では、視覚障害群の被験者は「面」に関する知覚情報をどのように利用したのだろうか。目的歩行開始後、天上に設置されたスピーカーや商店からの直接音と壁面からの反響音を利用して側方に壁面が存在することを特定できる。これにより進行方向は自ずと決定される。ある距離を進行すると、壁面の切れ目(occluding edge; Gibson, 1979)が接近するに連れて、それまで遮音されていた直接音の強度が増してくる。被験者が壁面の切れ目に到達すると、壁面からの反響音が無くなり、変わって遮られていた直接音が到来する。この時点で、被験者は壁面がとぎれ、転回点に到達したことを知覚する。この際の知覚経験が「壁がなくなりました」とか、「開けました」という発話となって表現されたと考えられる。転回点で進行方向を決定後、同様の過程が繰り返される。本研究で設定された地下街の経路に関する限り、正確な目的歩行を遂行した被験者は、このような壁面の存在と消失、直接音の遮音の有無、反響音の

有無などの知覚の連続として、いわば「聴覚的景色」の連続的な変化を知覚していると思われる。

ところで、次のような発話は遮眼した晴眼者には見られなかったが、視覚障害者には認められた。

- ・「人が左側をすれ違っています」（B1, 言語化課題）
- ・「右側から人が来ています」（同上）
- ・「排気口のような音が右側にします、今過ぎました」（同上）
- ・「そこも越えていくとあとう、左側に階段が出てくるんですよ」（B1, 目的歩行説明課題）
- ・「越えたら・・・左から人が来る感じ」（同上）
- ・「自動改札を通り過ぎると、今度は自動販売機があります」（B2, 目的歩行説明課題）
- ・「ずーっと行き過ぎると・・・左手に大きな階段が出てくる」（同上）
- ・「人がいっぱい出てきます」（B3, 言語化課題）
- ・「排気口のような音が右側にします、今過ぎました」（同上）
- ・「右前の方に券売機があって、でそこまで来たら今度は左に曲がって」（B3, 目的歩行説明課題）
- ・「スロープがあってそれを上って・・・左側に階段が出てくる」（同上）

これらの発話は、被験者と静止した対象や移動対象との空間的関係の変化に言及した発話と考えられる。つまり、視覚障害群の被験者は自己と「人」や「対象物」との距離や方向の変化をも情報として利用可能であることが示唆される。

## 6. まとめ

本実験は、実際の歩行場面における非視覚的目的歩行に利用可能な情報を特定すること、それらの情報と目的歩行の正確性・空間知識の正確性の関連を明らかにすることが目的として設定された。視覚障害者の結果をより明確にするため、遮眼した晴眼者も被験者として参加した。

統制された空間でない以上、知覚と行為を直接的に操作し測定することは困難である。そこで、発話分析を行った。得られた発話から推論する限り、非視覚的目的歩行に利用可能な情報は多様であった。音源か否かに関係なく空間に存在している対象、床面の材質や肌理、斜面や階段などの床面の変化、壁面の存在とその断絶、空間の広さ、匂いや空気の動き・温度などであった。

「人」や「対象物」と自己との距離や方向の変化についての情報及び壁面の存在と断絶・空間の広さなどの情報は長期の非視覚的経験を有する視覚障害者が利用可能であった。

## 7. 今後の課題

本実験では利用可能な情報が目的歩行になんらかの役割を果たしていることが示唆された。しかしながら、利用可能な情報と確実に利用されている情報とを厳密に分離することはできなかった。さらに情報の有効性の優先順位などについても結論づける事は出来なかった。これらは、今後の課題として残されている。

また、本実験では安全確保のため、遮眼群の被験者には白杖を使用させなかった。不慣れな遮眼した晴眼者に雑踏の中で白杖歩行を求めるには危険が伴う。そこで今後、非視覚的目的歩行のシミュレーション法の検討、単純な目的歩行経路の設定などによる、より厳密な実験が求めら

れる。

さらに、本実験から遮眼した晴眼者と視覚障害者の発話には異なる点が見られた。また概して、遮眼した晴眼者は相対的にエラーも角度誤差も大きかった。これは、彼らが非視覚的目的歩行に未熟なためと考えられる。では、視知覚が利用不可能な状況にさらされる時間が長くなると、歩行中の発話・目的歩行や方向定位の正確性がどのように変容するのだろうか。この問題については次節で議論することとする。

Table 4-4 各転回点におけるエラー数とその内容 (1)

被験者	転回点No.	エラー数	内容
視覚障害群 平均値		4.50	
B 1	T 1	0	
	T 2	1 . . . . .	over
	T 3	0	
	T 4	0	
	T 5	1 . . . . .	under
	T 6	1 . . . . .	over
	T 7	1 . . . . .	miss
	T 8	0	
	計	4	
B 2	T 1	2 . . . . .	under · over
	T 2	1 . . . . .	over
	T 3	0	
	T 4	0	
	T 5	0	
	T 6	1 . . . . .	over
	T 7	1 . . . . .	miss
	T 8	0	
	計	5	
B 3	T 1	0	
	T 2	0	
	T 3	0	
	T 4	0	
	T 5	0	
	T 6	0	
	T 7	0	
	T 8	1 . . . . .	under
	計	1	

注. B 1 - B 3: 視覚障害群

over: 行き過ぎ

under: 手前過ぎ

miss: 転換方向の誤り

Table 4-4 各転回点におけるエラー数とその内容 (2)

被験者	転回点No.	エラー数	内容
B 4	T 1	1 . . . . .	over
	T 2	1 . . . . .	over
	T 3	0	
	T 4	0	
	T 5	0	
	T 6	0	
	T 7	0	
	T 8	2 . . . . .	under · over
	計	4	
B 5	T 1	1 . . . . .	over
	T 2	1 . . . . .	over
	T 3	0	
	T 4	3 . . . . .	over · over · over
	T 5	0	
	T 6	0	
	T 7	0	
	T 8	0	
	計	5	
B 6	T 1	1 . . . . .	over
	T 2	0	
	T 3	1 . . . . .	under
	T 4	2 . . . . .	under · under
	T 5	2 . . . . .	miss · miss
	T 6	0	
	T 7	1 . . . . .	over
	T 8	1 . . . . .	no
	計	8	

注. B 4 - B 6 : 視覚障害群

over: 行き過ぎ

under: 手前過ぎ

miss: 転換方向の誤り

no: この転回点に到達が不可能



Table 4-4 各転回点におけるエラー数とその内容 (3)

被験者	転回点No.	エラー数	内容
遮眼群 平均値		8.00	
S 1	T 1	1 . . . . .	over
	T 2	1 . . . . .	over
	T 3	0	
	T 4	1 . . . . .	over
	T 5	3 . . . . .	miss · over · miss
	T 6	1 . . . . .	miss
	T 7	0	
	T 8	0	
	計	7	
S 2	T 1	3 . . . . .	under · under · over
	T 2	1 . . . . .	over
	T 3	0	
	T 4	3 . . . . .	under · over · miss
	T 5	1 . . . . .	under
	T 6	0	
	T 7	1 . . . . .	miss
	T 8	1 . . . . .	over
	計	10	
S 3	T 1	1 . . . . .	over
	T 2	0	
	T 3	1 . . . . .	over
	T 4	0	
	T 5	1 . . . . .	under
	T 6	1 . . . . .	under
	T 7	2 . . . . .	over · miss
	T 8	1 . . . . .	over
	計	7	

注. S 1 - S 3: 遮眼群

over: 行き過ぎ

under: 手前過ぎ

miss: 転換方向の誤り

Table 4-5 各方向定位地点における角度誤差[deg]

被験者	T 1	T 3	T 6	計
視覚障害群				
平均	18.16	33.50	46.30	98.00
B 1	13	14	0	27
B 2	13	44	90	147
B 3	13	14	15	42
B 4	28	29	0	57
B 5	23	80	149	252
B 6	19	20	29	63
遮眼群				
平均	43.00	22.83	102.50	168.33
S 1	103	16	120	239
S 2	13	16	30	59
S 3	13	36.5	157.5	207

注. B 1 - B 6 : 視覚障害群

S 1 - S 3 : 遮眼群

T 1 / T 3 / T 6 : 方向定位課題を実施した転回地点(Figure 4-1参照)

Table 4-6 言語化課題における各発話カテゴリーの占める割合[%] (1)

( )内は発話度数

被験者	対象物	大地	面	人	非対象	計
視覚障害群	34.39	26.27	15.99	4.77	18.59	100.00
平均	(11.50)	( 8.50)	( 5.50)	( 2.00)	( 7.17)	(34.67)
B 1	46.15	26.92	15.39	3.85	7.69	100.00
	( 12)	( 7)	( 4)	( 1)	( 2)	( 26)
B 2	37.50	37.50	12.50	0.00	12.50	100.00
	( 3)	( 3)	( 1)	( 0)	( 1)	( 8)
B 3	31.48	18.52	12.96	7.41	29.63	100.00
	( 17)	( 10)	( 7)	( 4)	( 16)	( 54)
B 4	34.38	18.75	21.88	3.13	21.88	100.00
	( 11)	( 6)	( 7)	( 1)	( 7)	( 32)
B 5	33.96	30.19	13.21	5.66	16.98	100.00
	( 18)	( 16)	( 7)	( 3)	( 9)	( 53)
B 6	22.86	25.71	20.00	8.57	22.86	100.00
	( 8)	( 9)	( 7)	( 3)	( 8)	( 35)

注. B 1 - B 6 : 視覚障害群

Table 4-6 言語化課題における各発話カテゴリーの占める割合[%] (2)

( )内は発話度数

被験者	対象物	大地	面	人	非対象	計
遮眼群	22.29	18.94	2.07	31.99	24.71	100.00
平均	(13.33)	(10.00)	( 1.33)	(16.00)	(13.00)	(53.67)
S 1	23.33	17.78	2.22	31.11	25.56	100.00
	( 21)	( 16)	( 2)	( 28)	( 23)	( 90)
S 2	9.52	19.05	0.00	42.86	28.57	100.00
	( 2)	( 4)	( 0)	( 9)	( 6)	( 21)
S 3	34.00	20.00	4.00	22.00	20.00	100.00
	( 17)	( 10)	( 2)	( 11)	( 10)	( 50)

注. S 1 - S 3 : 遮眼群

Table 4-7 目的歩行説明課題における各発話カテゴリーの占める割合[%] (1)

( )内は発話度数

被験者	対象物	大地	面	人	非対象	計
視覚障害群	31.03	36.98	19.64	6.01	6.34	100.00
平均	(19.33)	(19.17)	(12.83)	( 4.17)	( 4.33)	(59.83)
B 1	25.00	38.64	18.18	13.64	4.55	100.00
	( 11)	( 17)	( 8)	( 6)	( 2)	( 44)
B 2	48.57	37.14	14.29	0.00	0.00	100.00
	( 17)	( 13)	( 5)	( 0)	( 0)	( 35)
B 3	35.26	21.80	27.56	8.33	7.05	100.00
	( 55)	( 34)	( 43)	( 13)	( 11)	( 156)
B 4	23.68	26.32	34.21	10.53	5.26	100.00
	( 9)	( 10)	( 13)	( 4)	( 2)	( 38)
B 5	23.33	53.33	20.00	0.00	3.33	100.00
	( 7)	( 16)	( 6)	( 0)	( 1)	( 30)
B 6	30.36	44.64	3.57	3.57	17.86	100.00
	( 17)	( 25)	( 2)	( 2)	( 10)	( 56)

注. B 1 - B 6 : 視覚障害群

Table 4-7 目的歩行説明課題における各発話カテゴリーの占める割合[%] (2)

( )内は発話度数

被験者	対象物	大地	面	人	非対象	計
遮眼群	31.27	41.76	1.28	12.36	13.34	100.00
平均	( 9.00)	(12.00)	( 0.33)	( 3.67)	( 4.00)	( 29)
S 1	29.41	38.24	0.00	14.71	17.65	100.00
	( 10)	( 13)	( 0)	( 5)	( 6)	( 34)
S 2	25.93	37.04	0.00	18.52	18.52	100.00
	( 7)	( 10)	( 0)	( 5)	( 5)	( 27)
S 3	38.46	50.00	3.85	3.85	3.85	100.00
	( 10)	( 13)	( 1)	( 1)	( 1)	( 26)

注. S 1 - S 3 : 遮眼群

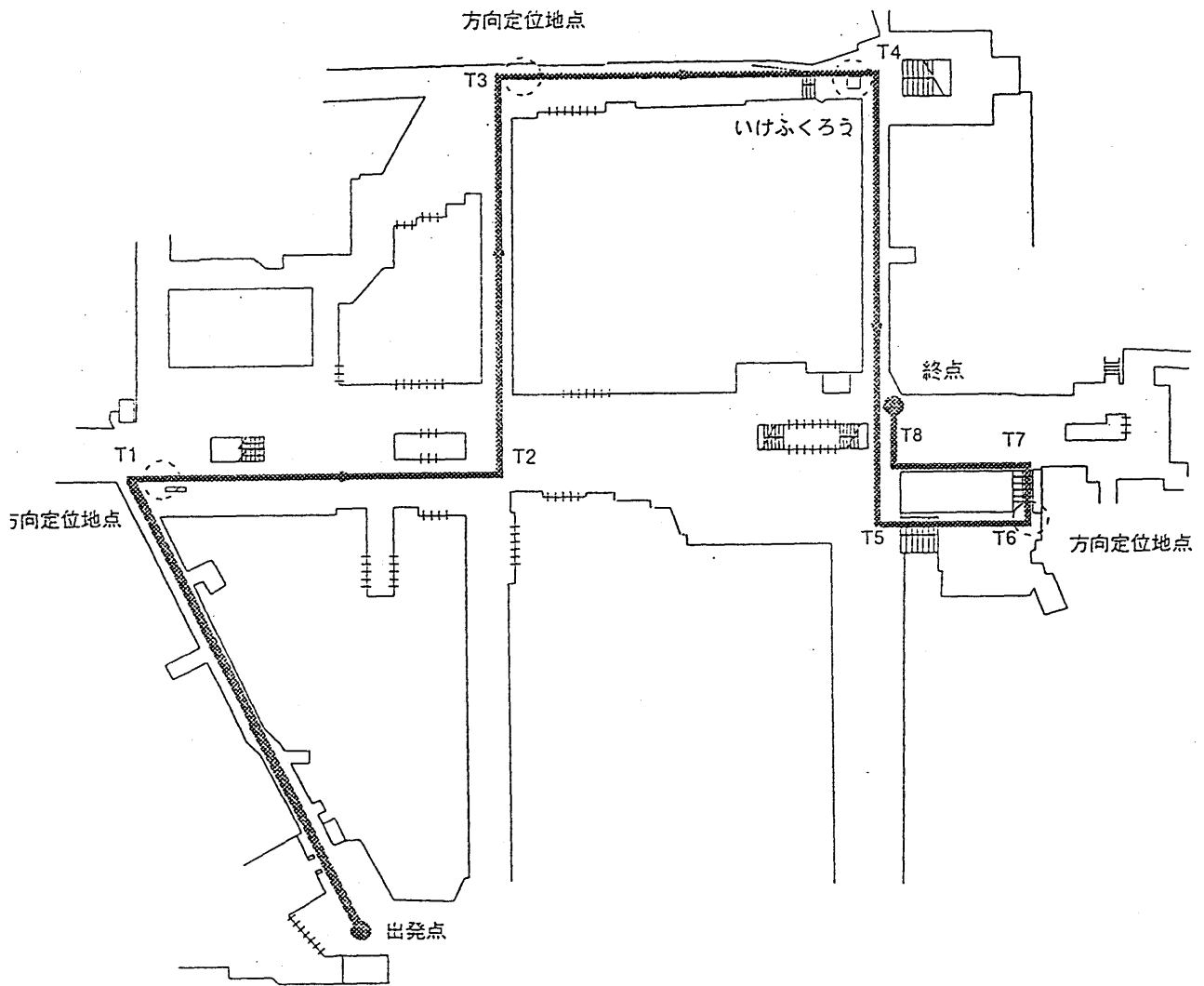


Figure 4-1 (a) 実験場所及び目的歩行経路 (全体図・1/1000)

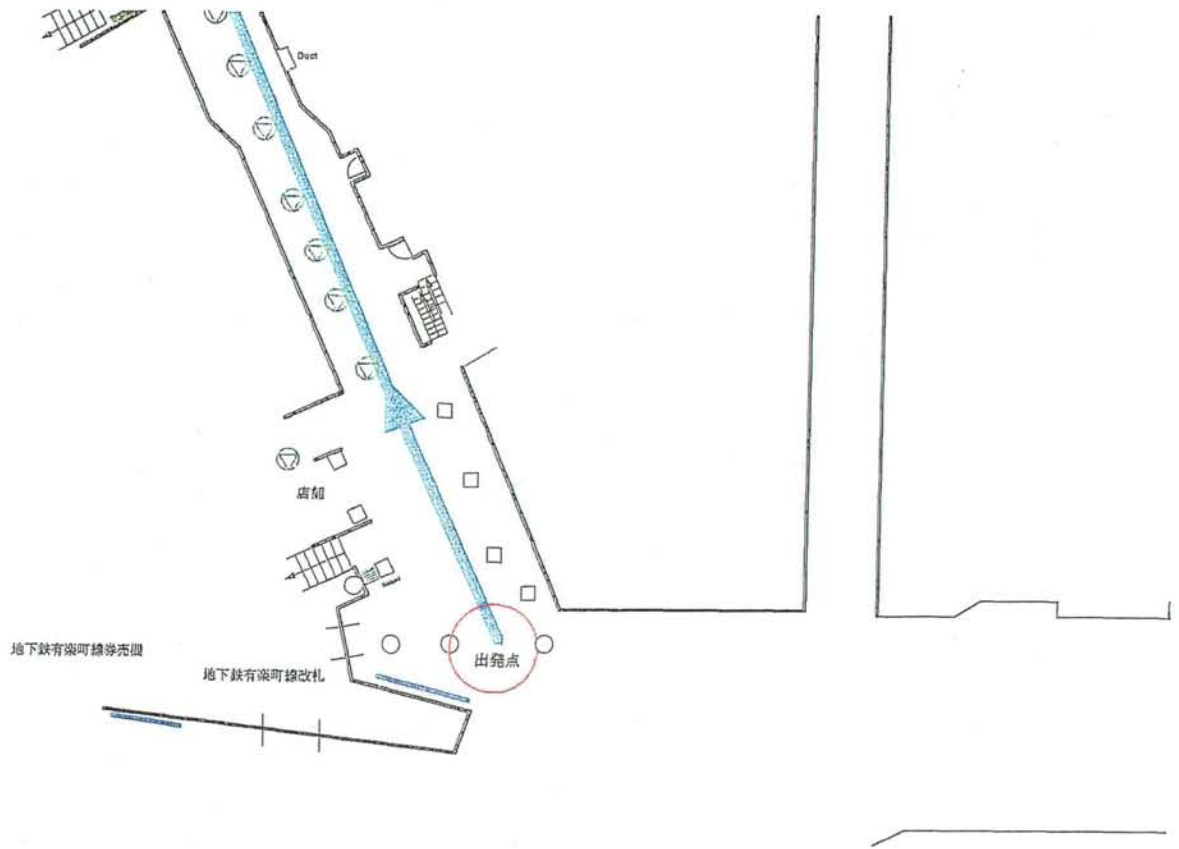


Figure 4-1 (b) 実験場所及び目的歩行経路 (詳細図・1/500)



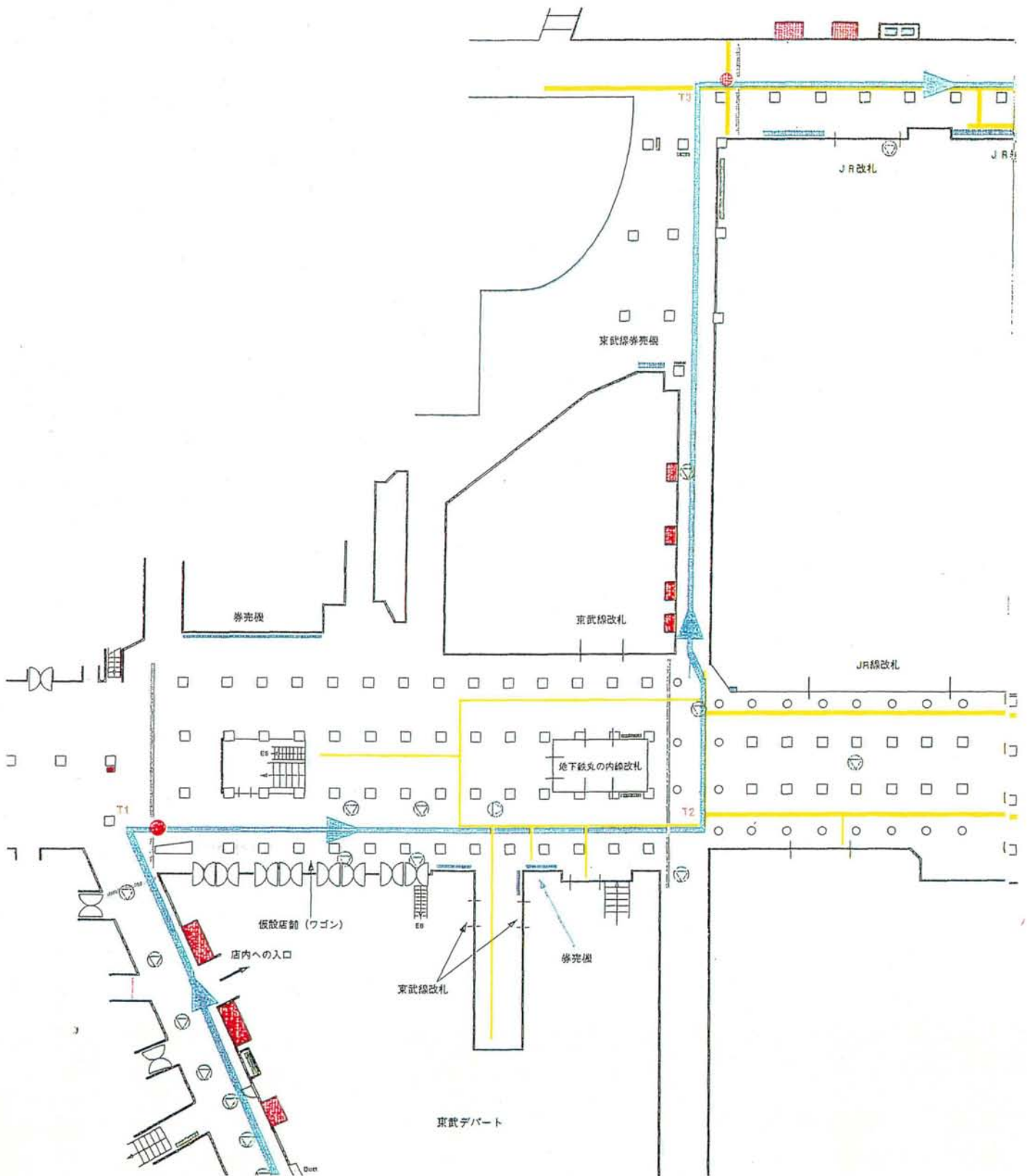


Figure 4-1 (c) 実験場所及び目的歩行経路 (詳細図・1/500)

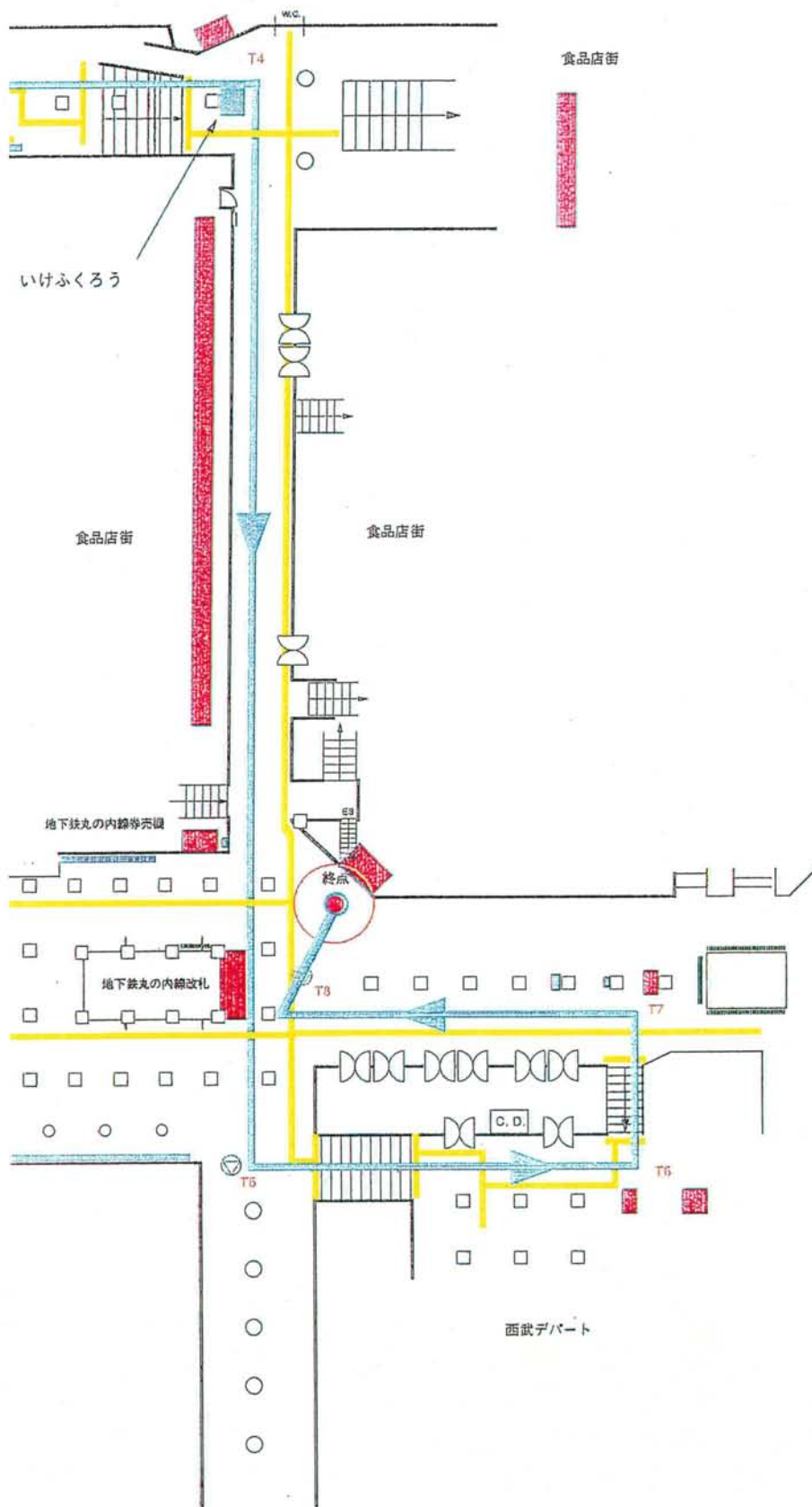


Figure 4-1 (d) 実験場所及び目的歩行経路 (詳細図・1/500)

第 3 節  
( 実験 2 )

大規模地下街における歩行の  
正確性・方向定位・知覚的情報の変容

## 1. 問題

前章で取り上げた実験では、非視覚的目的歩行に熟練している重度視覚障害者と未熟な遮眼した晴眼者とを比較した。そこでは遮眼した晴眼者の成績が全般的に重度視覚障害者よりも劣ることが示された。では、遮眼した条件で、同一経路を複数回歩行することにより、重度視覚障害者と同様の成績を示すようになるのだろうか。同一経路を複数回歩行することにより、利用される情報が変化し、さらに目的歩行・方向定位の正確性の改善が認められるとすれば、前節で示唆された知見が指示されることが考えられる。つまり、前節では重度視覚障害者にしか認められなかった壁面の存在や空間の広さに関する発話・対象物と被験者との空間的变化に関する発話とが、経路の熟知により、遮眼した晴眼者においても認められ、且つそれらが他の指標と関連しているならば、前章で得られた示唆はいつそう確かなものとなる。

## 2. 目的

そこで、本実験では同一経路を複数回歩行することを用いて、非視覚的情報に関する発話・目的歩行及び空間知識の正確性の変容を記述する。

## 3. 方法

### 1) 被験者

3名の男子大学生が実験に参加した。年齢は20歳から21歳であった。彼らは経路に関する知識を全く有していなかった。

### 2) 歩行経路

実験に使用された歩行経路は、前章の実験1と同様に、都内主要ターミナル駅地下街に設定された。Figure 4-2に実験場所及び経路を示す。本

実験では実験1の経路を短縮した経路を設定した。実験1で利用した経路には階段が多く、且つT5からT8へ到る経路は通行人が多いため遮眼状況に不慣れな被験者にとって難易度が高いと判断したからである。従って、本実験の歩行経路における転回点数は4、階段は1となった。

### 3) 課題

被験者に求められた課題は次の4種であった。

#### (1) 目的歩行課題

目的歩行の正確性を評価するために本課題が実施された。被験者は、歩行経路を一度歩行し、その経路を記録することを求められた。その後、出発地点から終点まで独力で歩行することが課せられた。独力と言っても、被験者は白杖を利用して歩行する技術を有していないため、白杖単独歩行は困難である。そこで、実験1の遮眼群の被験者と同様に、被験者が実験補助者の上腕部を持ち、被験者が方向を指示する方式を採用した。

目的歩行遂行中、経路から逸脱し1分経過しても経路上に戻ることができない場合、エラーとして記録された。その場合、実験補助者が被験者を経路上の逸脱した地点まで誘導し、目的歩行課題が再開された。再度エラーを繰り返す、かつ逸脱して長時間経過した場合には、実験補助者が進行方向を指示して課題が継続された。補助者が経路を指示するに当たっては、逸脱後3ないし5分の経過時間を基準とした。エラーが少なければそれだけ目的歩行経路を正確に記録していると判断された。

#### (2) 言語化課題

目的歩行中に利用された情報を推論するためにこの課題が設定された。目的歩行課題中、被験者には歩行中に聞こえるもの、におい、足下の感覚、など気付いたことをその都度言語化することが課せられた。発話は

被験者が携帯しているデジタルオーディオレコーダーにより録音され、後の分析に利用された。

### (3) 方向定位課題

空間知識の正確性の指標の一つである方向定位の正確さを評価するために本課題が設定された。目的歩行遂行中に、被験者は経路上の4地点、すなわちFigure 4-2中の出発点・T1・T3・終点において出発点・ランドマーク（いけふくろう）・終点の方向を本実験のために作製された分度器を用いて指示させた。実験1では時計の文字盤上の数値を言語報告する方式を用いた。しかし、遮眼した被験者はこのような方式に不慣れであったため、アクリル板上に凸点と矢印を備えた分度器を用いた。

### (4) 目的歩行説明課題

目的歩行中のエラーが正確に修正されたか、歩行経路が正確に想起されるかを評価するために、本課題が設定された。目的歩行課題第1試行及び第4試行の後、歩行した経路と経路上の手がかりを未経験の第三者に対して説明することが課せられた。対話形式の説明は、デジタルオーディオテープレコーダーに録音され、後の分析に使用された。

## 4) 手続き

実験は個別に実施された。実験手続きは次の3段階に大別される。

### (1) 経路提示段階

被験者に対し、経路が提示される段階である。被験者は実験補助者の方向指示に従って経路を1回歩行した。被験者は出発点から終点までを歩行し、経路を記憶することを求められた。

### (2) 経路歩行段階

この段階では目的歩行課題・言語化課題・方向定位課題とが実施された。被験者は、実験補助者に進行方向を指示する方式を用いて、経路提

示段階で案内された経路を，歩行することを求められた。原則として実験補助者は進行方向に関する指示を行わないようにした。ただし，接触や落下の危険が生じる際にのみ，被験者を静止したり方向を転換するようにした。その場合でも，方向の転換は自己の定位の混乱を招くおそれがあるため，できる限り被験者をその場で静止させるように心がけた。被験者は歩行中経路上の4地点で停止され，方向定位課題が実施された。この段階が一度実施された後，経路想起段階を挟んで三度この段階が連続して実施された。

### (3) 経路想起段階

上記の課題の第1試行終了後及び第4試行終了後，全ての被験者は目的歩行説明課題を行った。

実験の所要時間は約3時間であった。

## 4. 結果

### 1) 目的歩行中のエラー数

まず，目的歩行中の経路からの逸脱エラーについて見ることにする。Table 4-8は，各被験者ごとのエラー数の推移を示している。S1では，試行を重ねるにつれて転回点におけるエラーが減少していた。また転回点以外の場所におけるエラーも，第2試行以後は見られなくなっていた。自ら経路へ復帰できなかつた回数もまた，確実に減少していた。

S2の場合，転回点以外の場所におけるエラーは第3試行以後見られなくなっているが，転回点において生じたエラー数には変化が見られなかつた。自力で経路に復帰できなかつた回数は少なくなつたものの，試行を重ねることによる変化はほとんど見られなかつた。

S3の場合，転回点以外でのエラー数は第3試行以後は0か1であった。

しかし、転回点におけるエラー数の推移は、 $5 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 3$  とほとんど変化が見られなかった。自力復帰が不可能であった回数は第3試行以後減少していた。

3名共に、転回点以外でのエラー数及び自力復帰不可能であった回数は、第4試行になると1か0であり、これらのエラーに関する限り試行を通じて目的歩行の正確性が改善されたことを意味する。しかしながら、転回点でのエラーの推移については、大きく2種の傾向に大別された。一つは、S1であり、試行回数に伴ってエラーが減少していた。他は、S2及びS3であり、試行を繰り返してもエラーの顕著な現象が認められなかった。つまり、繰り返し同一の経路を歩行することにより、転回点以外の地点における経路からの逸脱は減少し、被験者自身が独力で経路へ復帰できるようになる。しかしながら、転回点のエラー数には改善が必ずしも見られるわけではないといえる。

## 2) 角度誤差

次に方向定位課題の結果を見ることにする。Table 4-9に角度誤差を示す。なお、S1の第1試行の幾つかのデータは記録が不可能であったため欠損している。S1の結果を見ると、指示対象とされた地点が出発点の場合、全試行を通じて出発点からの移動距離が増加するにつれて、角度誤差が大きくなっていった。対象地点がランドマーク（いけふくろう）や終点の場合、特徴的な結果は見られなかった。

S2を見ると、対象とされた地点が出発点の場合、全試行を通じてT3の値が高い傾向があった。しかし他の地点における角度誤差は小さかった。対象がいけふくろうや終点の場合、角度誤差は全般的に小さかった。

S3の結果を見る。対象地点が出発点の場合、第1及び第4試行ではT1



よりも終点の方が角度誤差が大きくなっている。第2試行ではT3からの角度誤差は大きい、他は小さい。第3試行では3地点からの角度誤差はほぼ変化が無く、且つ小さい。対象地点がランドマークの場合、定位地点が出発点の角度誤差は第3試行まで大きい。他の地点からの角度誤差及び第4試行の全ての角度誤差は小さくなっている。同様の傾向が対象地点が終点の場合にも合致する。

まとめると、全般的にS2やS3よりもS1の角度誤差が大きい。

### 3) 各課題ごとの発話カテゴリーの分布の変容

次に、発話分析の結果を検討する。実験1と同様に、被験者の語られた発話を5カテゴリーに分類し、それらのカテゴリーにしめる発話の割合を見ることにする。なお、2名の評定者による発話の分類に関する信頼性を求めたところ、 $r=0.706$ となった。評定が一致しなかった発話は筆者が分類した。

Table 4-10に、言語化課題における各発話カテゴリーの比率を示す。発話カテゴリーを比率が大きい順に列挙すると次のようになる。

[S 1]

第1試行：「非対象」＝「人」＞「大地」＞「対象」＞「面」

第2試行：「人」＞「対象」＝「大地」＝「非対象」＞「面」

第3試行：「対象物」＞「非対象」＞「人」＞「大地」＞「面」

第4試行：「対象物」＝「非対象」＞「人」＞「面」＝「大地」

第1試行と第2試行とでは「非対象」や「人」が最も高い比率であるが、第3及び第4試行になると「対象物」が最も高い比率となっている。カテゴリーの分布が第3・4試行で類似していることは興味深い。また、試行を重ねるに連れ、「面」のしめる発話の割合が増加している。

[ S 2 ]

第 1 試行 : 「非対象」 > 「対象物」 > 「大地」 > 「人」 > 「面」

第 2 試行 : 「人」 > 「非対象」 > 「大地」 > 「対象物」 > 「面」

第 3 試行 : 「人」 > 「非対象」 > 「対象物」 > 「大地」 > 「面」

第 4 試行 : 「非対象」 > 「人」 > 「対象物」 > 「大地」 > 「面」

第 1・4 試行では「非対象」が最も高い比率であり、第 2・3 試行では「人」のしめる割合が最も高い。また、「面」に含まれる発話の比率が試行を重ねるに連れ高くなっている。

[ S 3 ]

第 1 試行 : 「対象物」 > 「大地」 > 「人」 > 「非対象」 > 「面」

第 2 試行 : 「人」 > 「対象物」 > 「大地」 > 「非対象」 > 「面」

第 3 試行 : 「対象物」 > 「人」 > 「大地」 > 「非対象」 > 「面」

第 4 試行 : 「人」 > 「対象物」 > 「非対象」 > 「大地」 > 「面」

第 1・3 試行では「対象物」、第 2・4 試行では「人」に含まれる発話の割合が最も高い。S3もまた「面」のしめる発話の比率が試行に伴って増加している。

3名に共通する特徴は、最も低い比率を示したカテゴリーが「面」であったことである。さらに、3名全てで「面」の比率が試行を通じて増加している。S1が「大地」と同比率で他の2名より高く、S2及びS3の比率は共に約9%と類似していた。

次に、目的歩行説明課題の結果を見ることにする。Table 4-11には発話のカテゴリー別比率を示す。言語化課題と同様に、被験者ごとに比率の高い順に列挙する。

[ S 1 ]

第 1 試行 : 「対象物」 > 「大地」 > 「非対象」 > 「面」 = 「人」

第2試行：「対象物」＝「大地」＞「面」＞「非対象」＝「人」  
両試行を通じて「対象物」「大地」が最も高い比率である。第1試行よりも第2試行の方が比率が高くなったカテゴリーは、「面」であった。

[S 2]

第1試行：「対象物」＞「面」＝「人」＞「大地」＞「非対象」  
第2試行：「対象物」＞「人」＞「大地」＞「非対象」＞「面」  
両試行を通じて、「対象物」、「人」が高い比率である。「面」に含まれる発話の割合は第2試行の方が低下している。

[S 3]

第1試行：「対象物」＞「大地」＞「人」＞「面」＝「非対象」  
第2試行：「大地」＞「対象物」＞「人」＞「面」＞「非対象」  
第1試行と第2試行とでは「対象物」と「大地」の順位が逆転しているが、全般的には同様の順位を示している。

## 5. 考察

実験1において、被験者9名の内5名のエラー数と角度誤差とに正の相関関係が、他の4名では負の相関関係が共に示唆された。彼らは、一方の値が高い場合、他は低いという傾向を示した。本実験の被験者のエラー数と角度誤差とを見ると、S1ではエラー数は少ないが角度誤差は大きく、他の2名は逆転現象を示している。4回の目的歩行課題を通じて正確性が増加したのは、3名の転回点以外の場所におけるエラー数及びS1の転回点でのエラー数であった。角度誤差については、複数回試行を行っても、値の変化が少なかった。これらのことから、同一経路を歩行することによる経路の熟知が、少なくとも転回点以外での場所におけるエラーを減少させるものの、転回点におけるエラーの減少をもたらすと

は必ずしも限らないといえる。では、転回点におけるエラーの改善にはどのような要因が関連しているのだろうか。

そこで、言語化課題及び目的歩行説明課題の結果と上記の結果とを総合的に考察してみる。言語化課題に特徴的なこととして、「面」のしめる比率の増加が3名に認められたことである。ただし、3名の内S1が最も高率であった。さらに、最も高いかそれに準じる比率を示した発話カテゴリーを見ると、S1では、「非対象」→「人」→「対象物」→「対象物」、S2では「非対象」→「人」→「人」→「非対象」、S3では「対象物」→「人」→「対象物」→「人」であった。目的歩行説明課題を見ると、S1では「対象物」→「対象物」、S2では「対象物」→「対象物」、S3では「対象物」→「大地」となった。

「非対象」は、刺激源が不明確な発話であり、刺激源が特定されない刺激が知覚されていることを意味する。「人」は音源が環境内に固定されてはいない対象を知覚していることを意味する。一方、「対象物」は静止した物体を知覚していることを意味する。そして、「面」は環境の構造に言及した発話であり、環境構造を知覚していることを意味する。このような発話に反映されていると考えられる知覚対象を考え合わせると、S1では、経路の繰り返し提示により、静止した対象及び環境の構造の知覚が高められたと考えられる。一方S2では、環境の構造の知覚は改善されてはいるが、対象物のような静止した対象の知覚が向上していない。ところが、移動対象や非対象物の知覚は一貫して高い。S3では、環境の構造の知覚は改善されており、静止した対象と移動対象とが共によく知覚されている。S1のエラーに改善が見られたことから、静止した対象と環境の構造の知覚が目的歩行の正確性に関連していることが示唆される。では、移動あるいは変化に関する知覚は関連がないのだろうか。

実験 1 の視覚障害群の被験者の発話の中には「人」や「対象物」との距離や方向の変化を知覚していることを反映する発話が認められた。本実験においても、同様の発話が次のように認められた。

- ・「その歌謡曲の音がどんでかくなって来て・・・歌謡曲のステレオを乗り越えて」（S1, 目的歩行説明課題）
- ・「人の流れとしては左斜め前から右真横の方向へ流れるような所が目印です」（S2, 目的歩行説明課題）
- ・「券売機の音が聞こえてきます」（同上）
- ・「左から右へ行く人の流れです」（同上）

これらの発話は目的歩行説明課題第 2 試行で認められており、変化に関して歩行中知覚され、それが想起されていることを意味する。これらの知覚も目的歩行の正確性と関連が考えられる。

## 6. まとめ

本実験は、遮眼した晴眼者を対象として、同一経路を複数回歩行することを求め、彼らの発話・エラー・方向定位の正確性の変容を検討した。その結果、「対象物」や「面」などの発話が試行を重ねることにより多くなった被験者は、転回点のエラー・転回点以外のエラーが減少していた。しかし、方向定位との関連性は見られなかった。さらに、「人」や「対象物」との距離や方向の変化に関する発話が目的歩行説明課題において見られた。

## 7. 今後の課題

本章で取り上げた実験 1 及び 2 の結果から、壁面の存在・空間の広さに関する知覚的情報が、目的歩行中のエラーと関連していることが示唆

された。特に、壁面の存在や断絶の特定は転回点の知覚やエラーと密接に関連していることが考えられる。また、明確な関連性は示されなかったが、人や対象物との距離と方向の変化に関する情報も利用されることが示唆された。人や静止した対象との距離や方向の変化を特定することは、「右から人、左から人、曲がります」（B3, 言語化課題）のように転回点における進行方向の転換のみならず、自己の身体と経路の整列性（経路に自己の身体を平行に定位すること）・対象との衝突の回避にとっても重要であると考えられる。

壁面の存在と断絶及び自己と対象との空間的变化は主として聴覚的情報により伝達される。壁面の存在・空間の広さは反響音の果たす役割が大きい。音源と自己との空間的变化は放射音の変化が果たす役割が大きい。特に前述したとおり、音源の接近は自己の行為と密接に関連する。日常的な目的歩行場面では、音源の距離や方向の変化を正確に知覚するだけが求められることよりも、その音源に対する自己の行為を協応させること（音源の接近に対し回避したり、あるいは逆に接近したりすること）が求められる。従って、これら2種の聴覚的情報に関するさらに実証的分析が求められ、且つそれらの成績と実際の歩行場面での成績とが比較されることが必要と思われる。

そこで、次章以後、反響音が伝達する聴覚的情報及び移動音が伝達する聴覚的情報とを取り上げる。その根拠として、次のことが挙げられる。

①実験1及び2から、反響音及び静止・移動音源からの放射音が目的歩行に関連していることが示唆されたこと。

②静止音源に関する研究はこれまで多数認められること。

Table 4-8 目的歩行課題中のエラー数

被験者	エラー項目	1	2	3	4
S 1	転回点エラー数	5	3	4	2
	転回点以外エラー数	3	0	0	0
	自力復帰不可エラー数	4	2	1	0
S 2	転回点エラー数	2	6	5	4
	転回点以外エラー数	1	1	0	0
	自力復帰不可エラー数	1	0	1	0
S 3	転回点エラー数	4	4	5	3
	転回点以外エラー数	2	2	0	1
	自力復帰不可エラー数	3	3	2	0

注. 1-4: 試行数

転回点エラー数: 転回点におけるルートからの逸脱などのエラー数

転回点以外エラー数: 転回点以外でのルートからの逸脱エラー数

自力復帰不可エラー数: ルートからの逸脱後, 自力でルートへ復帰

出来なかった数

Table 4-9 各方向定位地点における角度誤差[deg]

(a) S 1

指示対象		方向定位地点			
		S	T 1	T 3	G
1	S	\	26	65	77
	F	--	--	--	42
	G	--	28	58	\
2	S	\	25	103	162
	F	66	51	3	88
	G	43	39	35	\
3	S	\	33	110	174
	F	31	54	10	65
	G	16	50	23	\
4	S	\	39	103	167
	F	29	42	172	42
	G	36	37	8	\

注. --: 欠損値

S: 出発点

F: ランドマーク(いけふくろう)

G: 終点

T 1/T 3: 転回点



Table 4-9 各方向定位地点における角度誤差[deg]

(b) S 2

		方向定位地点			
		S	T 1	T 3	G
指示対象					
1	S	\	23	50	19
	F	13	8	12	16
	G	4	8	32	\
2	S	\	13	55	10
	F	32	25	2	5
	G	36	3	29	\
3	S	\	23	68	21
	F	21	24	1	62
	G	13	17	21	\
4	S	\	0	68	28
	F	24	26	2	28
	G	28	19	31	\

注. --: 欠損値

S: 出発点

F: ランドマーク(いけふくろう)

G: 終点

T 1 / T 3: 転回点

Table 4-9 各方向定位地点における角度誤差[deg]

(c) S 3

		方向定位地点			
		S	T 1	T 3	G
指示対象					
1	S	\	13	0	37
	F	81	13	8	8
	G	86	7	18	\
2	S	\	23	50	17
	F	71	17	18	18
	G	66	13	2	\
3	S	\	33	20	27
	F	81	53	28	28
	G	76	37	32	\
4	S	\	23	50	77
	F	32	37	8	38
	G	26	23	18	\

注. --: 欠損値

S: 出発点

F: ランドマーク(いけふくろう)

G: 終点

T 1/T 3: 転回点

Table 4-10 言語化課題における各カテゴリーに含まれる発話の割合[%]

( )内は発話度数

(a) S 1

試行	対象物	大地	面	人	非対象	計
1	15.00 ( 12)	23.75 ( 19)	1.25 ( 1)	30.00 ( 24)	30.00 ( 24)	100.00 ( 80)
2	17.65 ( 6)	17.65 ( 6)	8.82 ( 3)	38.24 ( 13)	17.65 ( 6)	100.00 ( 34)
3	28.95 ( 11)	13.16 ( 5)	10.53 ( 4)	21.05 ( 8)	26.32 ( 10)	100.00 ( 38)
4	28.57 ( 8)	10.71 ( 3)	10.71 ( 3)	21.43 ( 6)	28.57 ( 8)	100.00 ( 28)

注. S 1: 被験者

Table 4-10 言語化課題における各カテゴリーに含まれる発話の割合[%]

( )内は発話度数

(b) S 2

試行	対象物	大地	面	人	非対象	計
1	25.76 ( 17)	21.21 ( 14)	4.45 ( 3)	19.70 ( 13)	28.79 ( 19)	100.00 ( 66)
2	16.92 ( 11)	23.08 ( 15)	4.62 ( 3)	29.23 ( 19)	26.15 ( 17)	100.00 ( 65)
3	20.83 ( 10)	12.50 ( 6)	6.25 ( 3)	37.50 ( 18)	22.92 ( 11)	100.00 ( 48)
4	22.73 ( 10)	15.91 ( 7)	9.09 ( 4)	25.00 ( 11)	27.27 ( 12)	100.00 ( 44)

注. S 2: 被験者

Table 4-10 言語化課題における各カテゴリーに含まれる発話の割合[%]

( )内は発話度数

(c) S 3

試行	対象物	大地	面	人	非対象	計
1	27.08 ( 26)	26.04 ( 25)	1.04 ( 1)	25.00 ( 24)	20.83 ( 20)	100.00 ( 96)
2	26.40 ( 33)	21.60 ( 27)	4.00 ( 5)	38.40 ( 48)	9.60 ( 12)	100.00 ( 125)
3	35.23 ( 31)	17.05 ( 15)	6.82 ( 6)	32.95 ( 29)	7.95 ( 7)	100.00 ( 88)
4	25.33 ( 19)	17.33 ( 13)	9.33 ( 7)	29.33 ( 22)	18.67 ( 14)	100.00 ( 75)

注. S 3: 被験者

Table 4-11 目的歩行説明課題における各カテゴリーに含まれる発話の割合[%]

( )内は発話度数

## (a) S 1

試行	対象物	大地	面	人	非対象	計
1	46.15 ( 6)	30.77 ( 4)	0.00 ( 0)	0.00 ( 0)	23.08 ( 3)	100.00 ( 13)
2	37.50 ( 12)	37.50 ( 12)	12.50 ( 4)	6.25 ( 2)	6.25 ( 2)	100.00 ( 32)

## (b) S 2

試行	対象物	大地	面	人	非対象	計
1	34.15 ( 14)	17.07 ( 7)	19.51 ( 8)	19.51 ( 8)	9.77 ( 4)	100.00 ( 41)
2	35.21 ( 25)	16.91 ( 12)	11.27 ( 8)	23.94 ( 17)	12.68 ( 9)	100.00 ( 71)

## (c) S 3

試行	対象物	大地	面	人	非対象	計
1	48.98 ( 24)	30.61 ( 15)	4.08 ( 2)	12.25 ( 6)	4.08 ( 2)	100.00 ( 49)
2	30.00 ( 30)	35.00 ( 35)	12.00 ( 12)	16.00 ( 16)	7.00 ( 7)	100.00 ( 100)

注. S 1/S 1/S 3は被験者を示す。

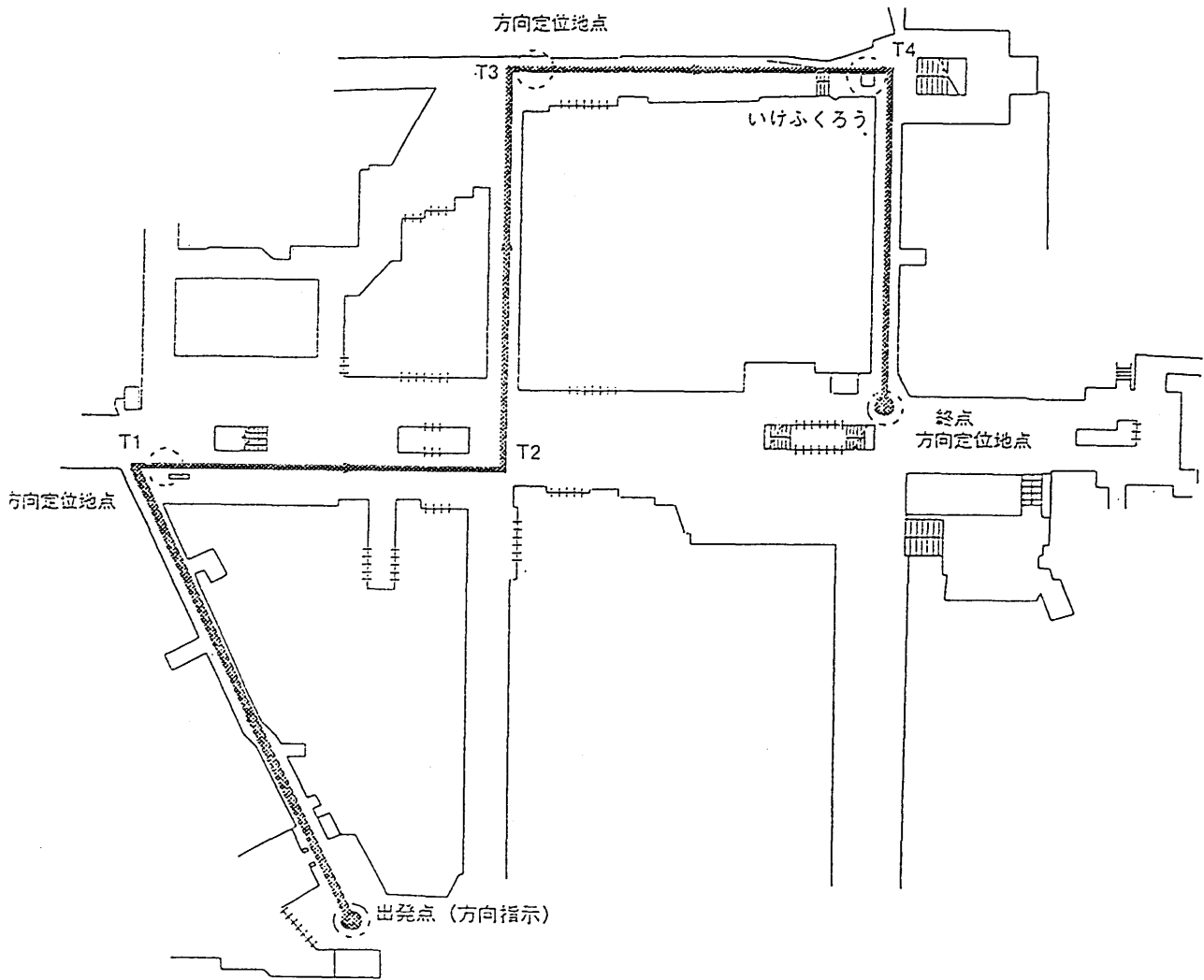


Figure 4-2 実験 2 で用いられた目的歩行経路 (1/1000)

第 5 章  
( 実験 3 )

大規模地下街における転回点の  
聴覚的知覚の正確性に対する  
頭部の方向・壁面からの距離・及び  
白杖音の効果



## 第 1 節

### 問題及び目的

## 1. 問題

視覚的ナビゲーションにおいて転回点の知覚が重要な役割を果たしていることが示されている(Heft & Kent, 1993)。視覚的には、転回点は景色が劇的に変化する場所として特定できる。同様に、非視覚的ナビゲーション、つまり重度視覚障害者による目的歩行中であっても、転回点の知覚は重要な役割を果たしていると推察されるものの、これまで転回点の知覚に関する聴覚的検討はなされていない。前章の実験の発話分析から、壁面の地下街における目的歩行が成功裡に達成されるためには、壁面の存在とその断絶が重要な役割を果たしていることが示された。では、このような壁面の存在の有無を知覚することが経路中のどのような場所を再認するために利用されるのであろうか。

第3章でも操作的に定義したように、歩行者に進行方向の選択を迫る地点が転回点である。多くの場合転回点は通路と通路の繋ぎ目、あるいは通路が階段につながる歩行経路上の地点に対応する。これらの場所では環境の構造が変化する。大規模地下街では、側方に存在していた壁面が断絶したり、階段が前方あるいは左右に出現する。このような環境の構造からすると、転回点は聴覚的に放射音と反響音（音響学的流動）が劇的に変化する地点として知覚されると考えられる。なお、音響学的流動については第1章第2節2を参照されたい。

問題を単純化するために以下では、Figure 4-1中、T1あるいはT3のように、通路の側方に壁面などの反響面が存在し、通路が交差する地点で壁面が途切れるような転回点を想定する。壁面などの地面から垂直な対象物の遮蔽縁(Gibson, 1979)では、景色の変化のみならず音場も劇的に変化する。なお、遮蔽縁とは対象物の縁（あるいは切れ目）であり、その対象物の背後に存在する景色（あるいは環境音）が見え（あるいは聞

こえ) 始める縁である。壁面が存在していると、その背後からの放射音は遮音される。しかし、壁面と角度を持った音源からの放射音は壁面により反響され、反響音が生起する。一方、壁面の遮蔽縁に接近すると、背後から回折した放射音の強度が増加する。そして、壁面が途切れると、それまで存在していた反響音が消失し、壁面により遮られていた放射音が到来する。つまり、転回点の聴覚的知覚は壁面の遮蔽縁を特定することに他ならない。そのためには、反響音定位による障害物知覚と放射音の知覚が求められる。特に反響音定位は壁面の存在を知覚するために重要である。なぜならば、壁面の存在を特定できなければ壁面の遮蔽縁を特定できないからである。本実験では反響音定位による壁面の遮蔽縁の知覚を扱う。

上記のような転回点を特定する聴覚的情報を有効に取り出すためには、どのような要因が関連するのだろうか。歩行中、重度視覚障害者は壁面から多様な距離を取りうる。ガイドラインテクニックを利用できれば、壁面の遮蔽縁を容易に特定しうるであろう。しかし、壁面に接触することが不可能な状況では、反響音を利用して壁面を定位せざるを得ない。

さらに、歩行者は頭部を前方に向けたり、頭部を壁面の方向に向けたりする自由がある。視覚的な定位の場合、人は、対象を両眼の中心窩に投影するために、両眼を対象物の方向へ向ける。反響音定位の場合にも視覚的定位と同様の方略の方が有用なのだろうか。

そして、単独歩行中の重度視覚障害者は、主として白杖か盲導犬を歩行補助具として選択する。白杖を利用する際でも、タッピング・スライド、そしてそれらの組み合わせなど多様な使用法が選択されうる。おそらく、重度視覚障害者は、最も有効な探索方略をその場に応じて適宜取捨選択していると推測されるが、壁面の遮蔽縁を同定するためにはどの

ような探索方略が有用であろうか。

上述された内容を要約すると、壁面の遮蔽縁の正確な知覚に対する壁面からの距離・頭部の角度・そして白杖音の有無の有効性が検討される必要があるといえる。そこで得られた知見から、転回点の聴覚的情報を最も有効に取り出すことが可能となる方略を導き出せると考えられる。

## 2. 目的

本実験では、転回点の聴覚的情報を最も有効に取り出すことを可能にする要因について検討する。具体的には、転回点の聴覚的知覚に重要と考えられる壁面の切れ目、すなわち遮蔽縁（以下、単に遮蔽縁とする）の特定に影響する要因を検討する。制御される要因とは、①壁面からの距離、②白杖音の有無、そして③頭部の壁面に対する角度である。

## 第 2 節

### 方法

## 1. 被験者

8名の重度視覚障害者が実験に参加した。その内、先天性重度視覚障害者は5名、後天性重度視覚障害者は3名であった。年齢は17～32歳であり、男性6名、女性2名であった。彼らの全ては聴力に問題を有していなかった。また、白杖単独歩行を行っている者は7名、盲導犬単独歩行を行っている者は1名であった。内観報告によると、彼らの内2名を除き、全て接触することなしに対象物の存在を知ることができた。

## 2. 録音に利用された転回点

音場が録音された転回点は、実験1及び2で使用された目的歩行経路中の転回点（Figure 4-1中、T1）とした。

Figure 5-1に、録音に利用された転回点を示す。通路の幅は6m、天上までの高さ3mである。交差する通路の角度は67degである。地下街のこの転回点を選択した理由は、次のようである。

- ①実験1において、全被験者9名の内、7名がこの転回点で行き過ぎるなどの経路からの逸脱エラーを示し、この転回点が特定しにくい地点であること。
- ②車輦音などの強い音が存在しないこと。
- ③壁面からの反響音を録音することが容易なこと。
- ④地面の材質が一定であるため、移動音が環境音をマスキングしにくいこと。

## 3. 録音・再生技法と選択された要因

### 1) 録音・再生技法

本実験では、できる限り転回点の音場を忠実に再現することが重要と

なる。そこで、聴覚的仮想現実感を作り出すのに有用とされるダミーヘッド（疑似頭）を用いたバイノーラル録音を行い、ヘッドフォン再生する事とした。

## 2) 要因

選択された要因は次のとおりであった。

### (1) 距離

壁面からの距離は0.3m・0.9m・1.5mと3条件が設定された。

### (2) 角度

ダミーヘッド（以下、単に頭部とする）の壁面に対する角度は、45deg・0 degの2条件が設定された。なお、頭部45deg条件では、壁面は右前方45degに存在するように聞こえる。また、頭部0 deg条件では壁面に対し頭部が平行であり、壁面は右側方90degに存在するように聞こえる。

Figure 5-5に実験条件の模式図を示しておく。

## 3) 音源

放射音源として、環境騒音・環境騒音プラス白杖音の2条件が設定された。

(1) 環境騒音条件（以下、E条件とする）：これは、転回点に存在している騒音のみが放射音源となる。録音時、存在していた騒音は、①券売機からのコイン音、②自動改札音、③人の足音及び音声などであった。

(2) 環境騒音プラス白杖音条件（以下、S条件とする）：これには、上記の環境騒音に白杖によるパルス音（タッピング音）が付加された。

## 4. 音場の録音と刺激材料の編集

### 1) 録音装置

音場の録音はダミーヘッドマイクロフォン(KU100; NEUMANN)を用いてデジタルオーディオデッキ(TCD-D10; SONY)により録音された。

### 2) 音場の録音手続き

録音時のブロック図をFigure 5-2に示す。ダミーヘッドマイクロフォンは台車上にスタンドを設置しその上に固定された。地面からダミーヘッドマイクロフォン、つまり両耳までの高さは1.3mであった。

スタートのアラーム音を提示すると同時に、台車を移動させ録音を開始した。録音はダミーヘッドマイクロフォンが壁面の切れ目を過ぎ、4mの地点に到達するまで継続された。録音はアラーム音を再度提示した直後に停止された。移動速度は0.29m/s~0.32m/sの等速度とされた。

S条件の場合は左耳のほぼ前方約0.5mの地点で白杖によるタッピング音を発生させた。

全ての条件において、壁面の切れ目より後方4m・6mの地点から録音を開始された。従って、ダミーヘッドマイクロフォンの移動距離は、8m・10mであった。

録音された刺激数は、2(E条件/S条件)×3(0.3m/0.9m/1.5m)×2(45deg/0deg)×2(壁面の切れ目から4m/6m)となり、計24パターンとなった。

### 3) 音場の暗騒音

音場の暗騒音は、広帯域騒音計(LA-5110,小野測器)により測定された。10分間の測定の結果、暗騒音レベルは50-60dB(A-weighted)の範囲であった。

### 4) 刺激材料の編集

集音された刺激パターンはFigure 5-3の編集時のブロック図に示すよ



うな流れに沿って編集され、提示用刺激材料が作製された。台車移動時の振動音をできるだけ減少させるため、全ての刺激パターンはミキサー(02R; YAMAHA)のローカットフィルター(220Hz; -12dB/oct)を解することにより低周波が除去された。その後、ハードディスクレコーダー(DR-16; AKAI)上で刺激パターンをランダムに配列させると共にタイムコード(1sec当たり30フレーム)が付加された。その後、デジタルオーディオデッキ(PCM7010; SONY)にデータを取り込み提示用テープを作製した。

提示用テープはE条件とS条件ごとに作製された。各提示用テープには6試行の練習試行の後、12種類の刺激が5試行ずつ入れられた。従って、全試行数は、 $24 \times 5 + 6 = 126$ であった。各刺激の感覚は、1secとされ、各刺激の提示時間は約24~32secであった。

#### 5. 聴覚刺激の再生・提示方法

刺激提示時のブロック図をFigure 5-4に示す。被験者は、デジタルオーディオデッキ(PCM7010; SONY)からアンプ(AU- $\alpha$  205; SANSUI)を介してヘッドフォン(CP1000; SONY)により刺激を聴取した。また、被験者の反応は、タイムコーダー(DT2010; SOUNDCRAFT)に接続されたリモートスイッチにより記録された。

#### 6. 手続き

実験は防音室内で個別に実施された。まず、被験者は着席後実験の教示を受けた。教示は、「あなたは今、右側面にある壁面に沿って歩いているように想像して下さい。歩いていると右側の壁面が切れて道が現れます。あなたは、壁が切れて右に曲がれる道がわかった時点で直ぐにボタン(リモートスイッチ)を押して下さい。」というものであった。質

問を受けた後、実験が開始された。被験者はヘッドフォンから聴覚刺激を聴取し、教示に従ってリモートスイッチを押すことが課せられた。音源要因に関し、被験者間でカウンターバランスされた。すなわち、半数はE条件→S条件、他の半数はS条件→E条件の順序で実験用テープを聴取した。一方の条件終了後、5分程度の休憩を挟んでもう一方の条件で刺激が提示された。刺激提示音量はアンプの音量ダイヤルにより一定に維持された。

被験者がスイッチを押すと、タイムレコーダーのディスプレイ上に連続的に表示されているタイムコードフレームが停止する。実験補助者はこのタイムコードフレームを記録用紙に記録した。実験の所要時間は、約80分であった。

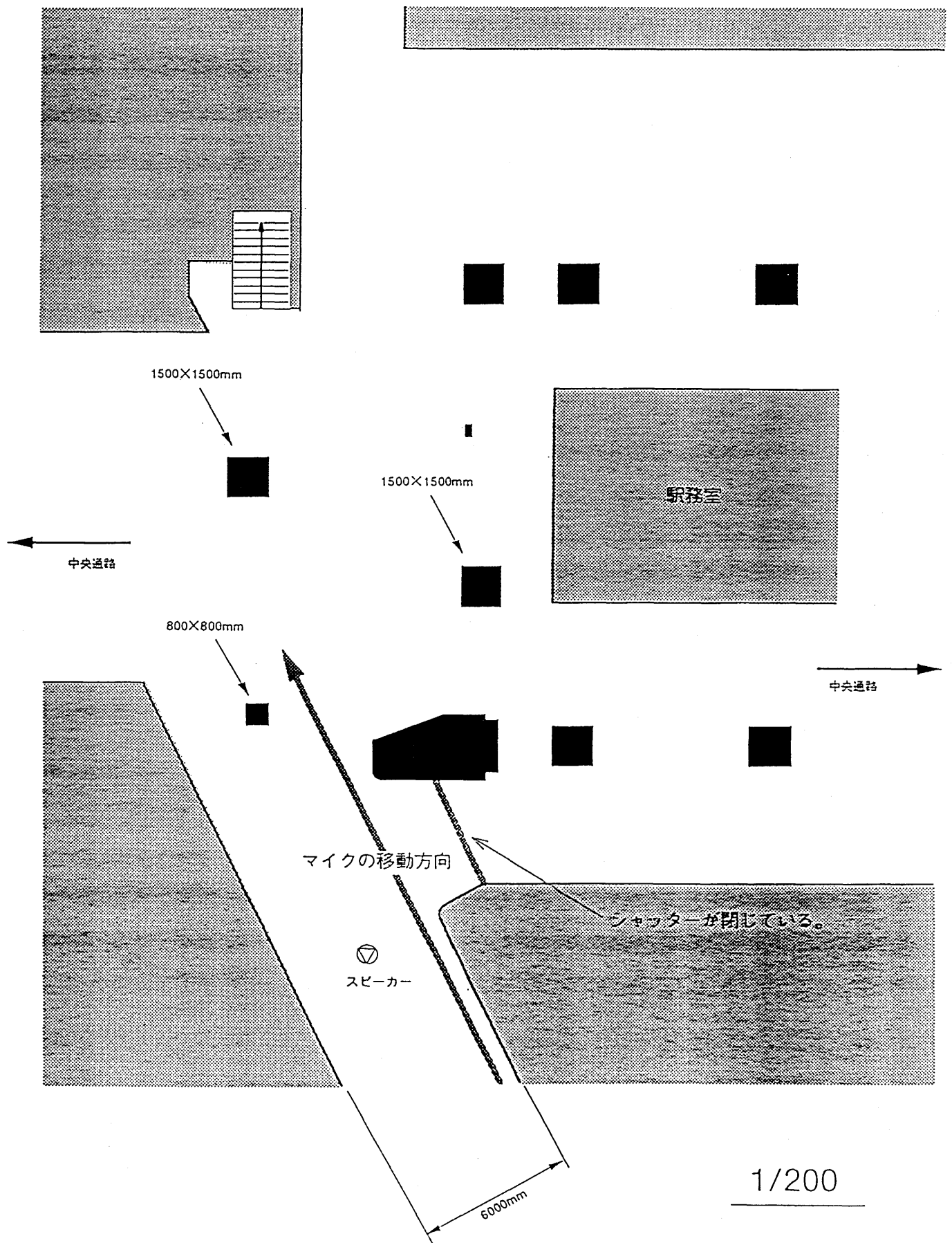


Figure 5-1 実験に用いられた転回点

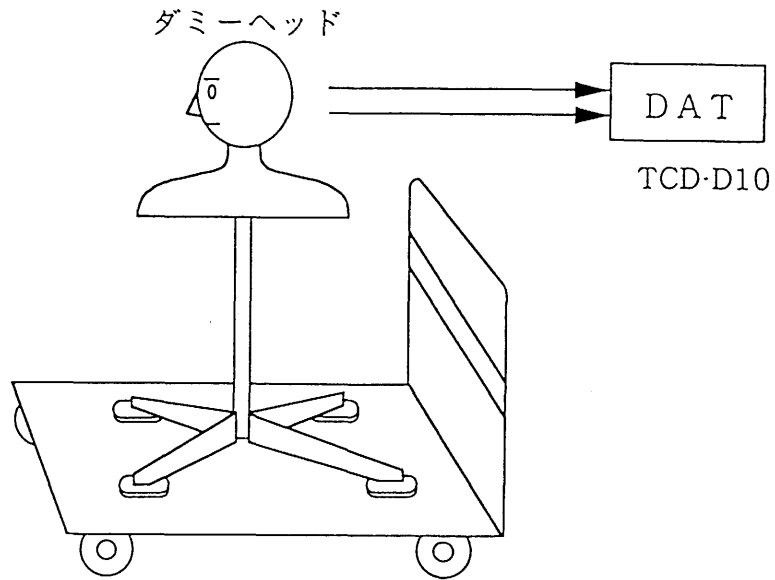


Figure 5-2 現場録音時のブロック図

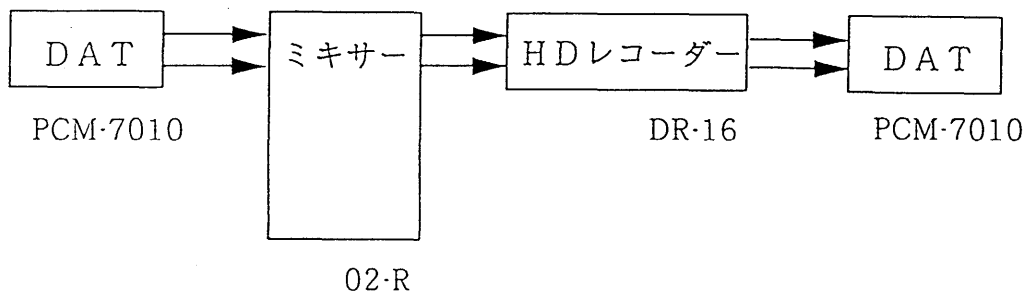


Figure 5-3 編集時のブロック図

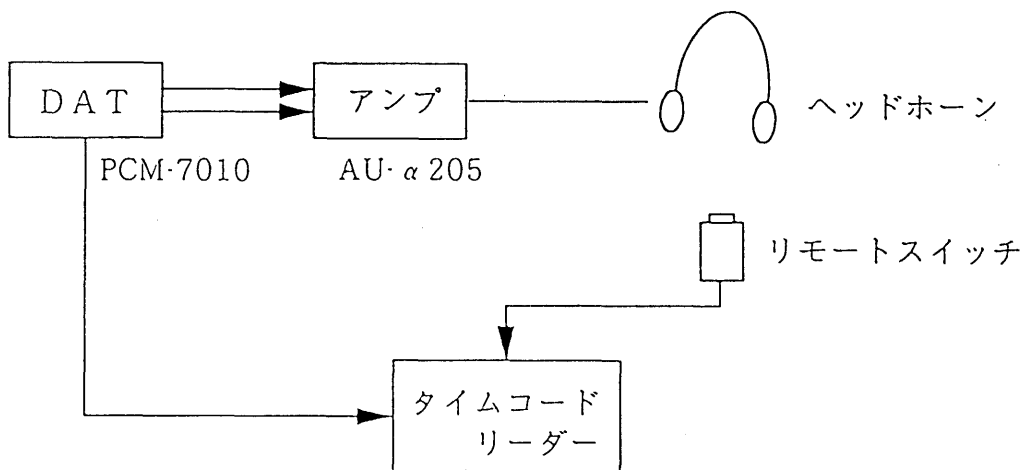


Figure 5-4 刺激提示時のブロック図

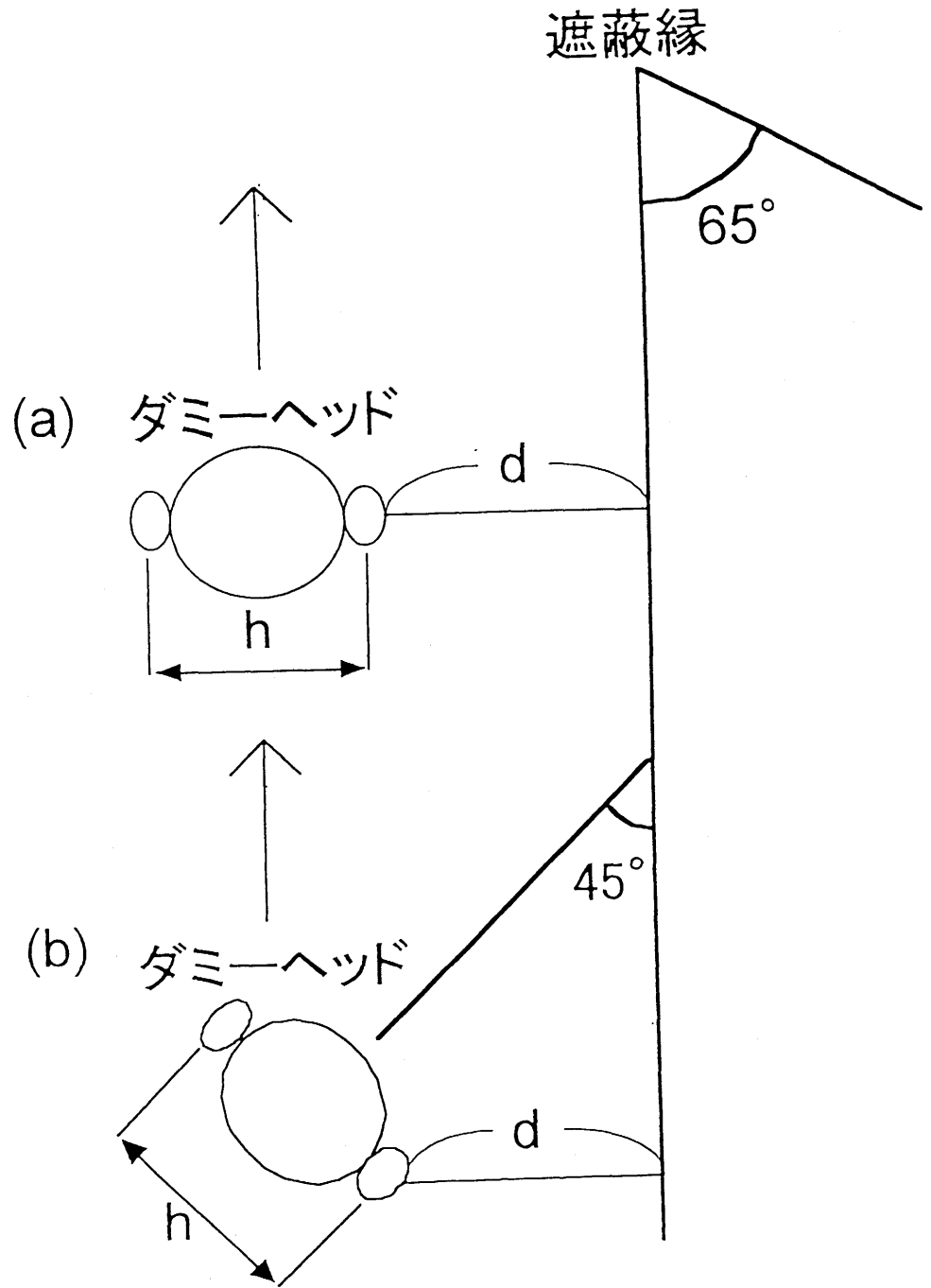


Figure 5-5 実験条件の模式図

(a) ダミーヘッドの角度 0 deg

(b) ダミーヘッドの角度 45deg

d : 壁面から右耳までの距離

h : 両耳間距離 (0.17m)

### 第 3 節

#### 結果及び考察

## 1. 結果

### 1) 測度

1 フレーム30msのタイムコードを基に、壁面の切れ目地点と被験者の反応した地点との距離を算出し、これを距離誤差とした。さらに、各試行の距離誤差から次のような測度を求め以下の分析に使用した。

#### (1) 恒常距離誤差(constant distance error; CE)

壁面の切れ目からの距離4m及び6mの刺激を合わせ、距離(3条件)・角度(2条件)・音源(2条件)の各条件10試行を通し、被験者ごとに距離誤差の平均値を求めた。この平均値をもって恒常距離誤差とした。

#### (2) 変動距離誤差(variable distance error; VE)

各被験者ごとに、それぞれの条件における標準偏差を求めた。これをもって反応のばらつきの指標として変動距離誤差とした。

ところで、各試行ごとに距離誤差を見ると、正負の両方向の距離誤差が見られた。有効被験者の全試行数840に対する誤差がマイナスとなった試行数は89、比率にして10.6%であった。これらの正負の記号が混在している誤差をそのまま加減すると、ゼロに接近してしまうことが考えられる。つまり、大きなマイナスの誤差が含まれているにも関わらず、算出された平均値は小さい距離誤差を示すといった誤りを犯すことが予測される。質的には、マイナスの誤差とプラスの誤差とは異なる可能性もあろう。何故ならマイナスの距離誤差が、実際の壁面の断絶地点に先だって予期的に切れ目を知覚していることを示す可能性を否定できないからである。しかしながら、本実験ではマイナスの距離誤差が予期的な反応なのか、それとも単なる誤反応なのかを特定することができない。そこで、本実験ではマイナスの距離誤差もプラスのそれと同等の誤差と見なし、距離誤差の絶対値を以下の分析に使用することとした。

## 2) 距離

まず、距離要因の結果を見ることにする。Figure 5-6(a)に、角度要因と音源要因との組み合わせによる平均恒常距離誤差を示す。これらを標準偏差を含めて表にまとめたのがTable 5-1である。この図から距離が増加するにつれて誤差も増加する傾向にある。3(距離)×2(角度)×2(音源)の繰返し計画による3元配置分散分析を実施した。ここでは、全ての要因は被験者内要因であった。その結果、距離要因の主効果が有意であった( $F(2, 12)=5.534$ ;  $p=0.020$ )。

そこで、距離要因における3条件においてmean comparison contrast testを行った。その結果、次の組み合わせにおいて有意差が認められた。

・ 0.3m vs 0.9m :  $F(1)=6.320$ ;  $p=0.027$

・ 0.3m vs 1.5m :  $F(1)=9.885$ ;  $p=0.009$

これらのことから、壁面からの距離が増加することにより距離誤差も増大するが、それは0.3mと他の2条件の距離つまり0.9m及び1.5mとの間で顕著であるといえる。

## 3) 角度

次に角度要因の効果を検討する。Figure 5-6(a)から、角度0degつまり壁面が右側方に存在している場合の方が角度45degすなわち壁面が右45degに存在している場合よりも恒常距離誤差が小さい傾向にあった。前述の分散分析の結果、5パーセント水準で有意差が認められた( $F(1, 6)=9.607$ ;  $p=0.021$ )。

## 4) 音源

次に音源の効果を見ることにする。前述の分散分析の結果、有意差は認められなかった( $F(1, 6)=3.078$ ; N.S.)。このことは、放射音源の違い



は単純主効果をもたらさなかったと解釈できる。

#### 5) 距離と音源の交互作用

しかしながら、音源は距離との間に交互作用が認められた( $F(1, 12)=6.107$ ;  $p=0.015$ )。

そこで、2要因の各条件の全ての組み合わせについてmean comparison contrast testを用いた多重比較を実施した。

その結果Table 5-2(a)に見られるように、E条件において次の2対に関し有意差が見られた。すなわち、

- ・ 0.3m vs 0.9m :  $F(1)=16.990$ ;  $p=0.001$
- ・ 0.3m vs 1.5m :  $F(1)=12.869$ ;  $p=0.004$

一方Table 5-2(b)のように、S条件における全ての組み合わせに関して有意差は認められなかった。

次にE条件とS条件を比較してみると(Table 5-2(c))、次の組み合わせにおいては有意傾向あるいは有意差が認められた。

- ・ S条件0.3m vs E条件0.9m :  $F(1)=10.463$ ;  $p=0.007$
- ・ S条件0.3m vs E条件1.5m :  $F(1)=7.290$ ;  $p=0.019$
- ・ S条件0.9m vs E条件0.9m :  $F(1)=16.120$ ;  $p=0.002$
- ・ S条件0.9m vs E条件1.5m :  $F(1)=12.113$ ;  $p=0.005$
- ・ S条件1.5m vs E条件0.9m :  $F(1)=6.985$ ;  $p=0.022$
- ・ S条件1.5m vs E条件1.5m :  $F(1)=4.445$ ;  $p=0.057$

しかし、E条件の0.3mとS条件の全ての距離においては有意差が認められなかった。

以上の結果から、E条件では距離が変化すると距離誤差も変化するが、S条件では距離が増加しても距離誤差はあまり変化しないことを示している。

#### 6) 距離と角度の交互作用

距離と角度の交互作用について、分散分析の結果からは有意差が見られなかった( $F(2, 12)=0.546$ ; N.S.)。

#### 7) 角度と音源の交互作用

角度と音源の交互作用についても分散分析の結果からは有意差は認められなかった( $F(1, 6)=2.644$ ; N.S.)。

#### 8) 距離・角度・音源の交互作用

最後に、距離・角度・そして音源の3要因の交互作用が認められた( $F(2, 12)=4.547$ ;  $p=0.034$ )。

そこで、mean comparison contrast testにより多重比較を実施した。主効果が認められた角度要因を主として分析結果を要約しておく。

Table 5-2(d)からE条件において、① 0 deg0.9m条件と45deg0.3m条件、② 0 deg0.9m条件と45deg1.5m条件、③ 0 deg1.5m条件と45deg1.5m条件、では有意差が見られなかったが、他の組み合わせについては5パーセント水準で有意差が認められた。

Table 5-2(e)からS条件では、0 degの距離条件全てと45degの距離0.9m条件とにおいて10パーセント以下の有意傾向が認められ、他の組み合わせについては5パーセント水準で有意差が見られた。S条件における0 deg条件は45deg条件よりも距離誤差が小さいことを示している。

Table 5-2(f)に見られるように、E条件45degとS条件0 degとの全ての組み合わせについて5パーセント水準で有意差が認められた。一方Table 5-2(g)に見られるように、その逆つまりE条件0 degとS条件45 degとの比較では、E条件0 deg0.9mとS条件45deg0.3m・E条件0 deg0.9mとS条件45deg1.5m・E条件0 deg1.5mとS条件45deg0.3m・E条件0 deg1.5mとS条件45deg1.5mの4対については有意差が認められなかつ

たが、① E条件45deg0.9mとS条件0deg0.9m、② E条件45deg0.9mとS条件0deg1.5mとの間では10パーセント以下で有意傾向が見られ、他の組み合わせについては5パーセント水準で有意差が認められた。

S条件における頭部の角度0degはE条件の45degよりも概して誤差が小さいといえる。すなわち壁面からの距離に無関係にS条件で頭部が0degの場合は、E条件で頭部が45degの場合よりも距離誤差が小さいことを示している。しかし、S条件で頭部の角度が45degとE条件の0degとを比較して見ると、壁面からの距離が長くなると距離誤差に差異が見られなくなる傾向にあった。すなわち、壁面から近距離に頭部が位置する時、S条件の頭部45degに比してE条件で頭部が0degの距離誤差は小さいが、距離が長くなるとその差が無くなることを示している。

#### 9) 変動距離誤差

次に、変動距離誤差についても恒常距離誤差と同様の分析を行い要因の効果を検討してみる。Figure 5-6(b)に、角度要因と音源要因との組み合わせによる平均変動距離誤差を示す。これらを標準偏差を含めて表にまとめたのがTable 5-3である。3(距離)×2(角度)×2(音源)の3要因分散分析を実施して統計的な分析を試みた。

第1に、距離の主効果が認められた( $F(2, 12)=4.259$ ;  $p=0.040$ )。そこで、mean comparison contrast testを行い条件間で多重比較を行った。その結果、次のようになった。

- ・ 0.3m vs 0.9m :  $F(1)=7.656$ ;  $p=0.017$
- ・ 0.3m vs 1.5m :  $F(1)=4.784$ ;  $p=0.05$
- ・ 0.9m vs 1.5m :  $F(1)=0.336$ ; N.S.

第2に、角度の主効果が認められた( $F(1, 6)=7.379$ ;  $p=0.035$ )。

第3に、音源の主効果は見られなかった( $F(1, 6)=0.503$ ; N.S.)。

第4に、距離と音源との間に交互作用が認められた( $F(2,12)=11.145$ ;  $p=0.002$ )。mean comparison contrast testを実施した。その結果は次のようになった(Table 5-4(a))。

① E条件では全ての組み合わせについて5パーセント水準で有意差が認められた。

② しかしながら、S条件においては距離0.9mと1.5mとの間に10パーセントの有意傾向が見られたものの、他の組み合わせについては差異が有意でなかった(Table 5-4(b))。

③ また、S条件の0.3mとE条件の0.3m・S条件の0.3mとE条件の1.5m S条件の0.9mとE条件の0.3m・及びS条件の1.5mとE条件の1.5mとの間の計4対に関しては有意差が見られず、他の組み合わせでは5パーセント水準で有意差が見られた(Table 5-4(c))。

第5に、距離・角度・そして音源との交互作用が有意であった( $F(2,12)=4.380$ ;  $p=0.037$ )。条件間で多重比較を行うため、mean comparison contrast testを実施した。結果を頭部の角度0 degと45degとの比較を中心にまとめておく。

E条件において、① 0 deg0.9mと45deg0.9m・② 0 deg0.9mと45deg1.5m・③ 0 deg1.5mと45deg0.3mの3対においては有意差が見られなかった。他の対の全てにおいては5パーセント水準で有意差が認められた(Table 5-4 (d))。

S条件において、0 degの1.5mと45degの全ての距離との3対では有意差が見られなかった。しかし、① 0 deg0.3mと45deg0.9m・② 0 deg0.3mと45deg1.5mの2対においては10パーセント以下の有意傾向が見られ、他の対に関しては5パーセント水準で有意差が認められた(Table 5-4(e))。

E条件とS条件との関係において(Table 5-4(f)及び(g))、① S条件の

0 deg0.3mと E 条件の 45deg0.3m・② S 条件の 0deg1.5mと E 条件の 45deg0.3m・③ E 条件の 0 deg1.5mと S 条件の 45deg0.9m・④ E 条件の 0 deg1.5mと S 条件の 45deg1.5mの 4 対に関し有意差が見られなかった。10パーセント以下で有意傾向が見られた対は、① S 条件の 0 deg0.9mと E 条件の 45deg0.3m・② S 条件の 0 deg1.5mと E 条件の 45deg1.5m (ただし,  $p=0.051$ )・③ E 条件の 0 deg0.9mと S 条件の 45deg0.3m・④ E 条件の 0deg1.5mと S 条件の 45deg0.3mであり, 他は 5 パーセント水準で有意差が認められた。他の交互作用については有意差は見られなかった (距離と角度の交互作用 :  $F(2, 12)=0.748$ ; N.S.・角度と音源との交互作用 :  $F(1, 6)=0.237$ ; N.S.)。

距離に関わらず, 頭部の角度が壁面に対し 45degよりも 0 degつまり壁面と直交している方が, 距離判断にばらつきが少ないことが示された。ただし, 壁面からの距離が 0.3mという近距離では E 条件の 45degが S 条件より変動が少ないが, 0 degではその逆, つまり S 条件の方が E 条件よりも変動が少なくなっている。ところが, この関係は壁面からの距離が 1.5mになると, 変化する。0 degの E 条件と S 条件との関係は変わらないが, 45degでは E 条件よりも S 条件の方が変動が少なくなっている。

## 2. 考察

ここでは, 操作された要因の効果を検討すると共に, 転回点の知覚に利用可能な聴覚情報を伝達する音響学的変数について議論する。

### 1) 要因間の関連性

本実験の結果, 壁面からの距離が 0.3m・0.9m・1.5mと増加すると, 誤差が大きくなる。すなわち, 壁面に近い距離に頭部が位置する方が壁面の遮蔽縁を正確に知覚できることを示している。さらに, 多重比較によ

り0.3mと0.9m・0.3mと1.5mとの間に有意な差が見られたが、0.9mと1.5mとの間には有意差が見られなかった。このことは、0.3mと0.9mとの間に壁面の遮蔽縁を正確に知覚可能な距離の境界が存在していることが示唆される。関(1996)の仮想無限障壁の知覚実験に参加した被験者の内観報告でも、50cmを境界として聴覚印象が変化している。環境騒音場といっても彼の場合は実験室内であり、本実験は実際の環境騒音場であるため、完全な一致は見られないが、少なくとも壁面から1mよりも近距離とそれ以上の距離とでは、被験者の両耳における音響学的変数の異なることが考えられる。

分散分析の結果、ダミーヘッドの角度、つまり頭部の角度の主効果が認められた。すなわち、壁面が前方45degに存在しているよりも側方に存在している方が壁面の遮蔽縁を正確に知覚することができる。梶井・関・伊福部・田中(1993)が行った対象物の存在の同定実験においても、対象物が正面に存在するよりも右側に存在する方が判断しやすいとする内観報告が得られている。これは、本実験の結果と合致するものである。本実験の結果は梶井・関・伊福部・田中(1993)で得られた心理的印象を実証的に裏付けることになり、さらに地下街という自然環境騒音場に対しても彼らの行った音響伝達特性の分析が適用可能であることを示唆している。

ところで、音源の単純主効果は認められなかった。このことは、距離や角度に対し環境騒音あるいは環境騒音プラス白杖音が系統的に効果をもたらさないことを意味している。ところが、音源は距離との有意な交互作用を示した。このことは、距離の違いに対し2条件が異なる作用を起こすことを意味している。

環境騒音条件の多重比較から、この条件下では距離の効果が認められ

た。すなわち、前述した距離要因の多重比較の結果に合致し、0.3mと0.9m・0.3mと1.5mとの間に有意差が見られた。

対照的に、環境騒音プラス白杖音条件の多重比較の結果は、全ての組み合わせについて有意な差を示さなかった。これらの分析から、環境騒音のみが放射音源となる時、壁面からの距離の増大に伴い、壁面の遮蔽縁の知覚が不正確になる傾向があることを示唆している。また、白杖音が音源として環境騒音に付加されると、壁面の遮蔽縁知覚の正確性は距離と無関係となる。このことは、白杖音が放射音源として利用される状況下では、知覚される音響学的変数が環境騒音下とは明らかに異なることを示している。それはおそらく壁面からの距離に関連しにくい変数であると推測される。

さらに、上記2条件を一括して多重比較を行うと、壁面からの距離0.3mでは環境騒音下の方が、白杖音が付加された条件よりも壁面の遮蔽縁を正確に知覚している。一方、0.9m及び1.5mでは、頭部の角度により、程度の差はあるものの、白杖音が付加された条件の方が他の条件よりも遮蔽縁の知覚が正確であった。これらのことから、壁面からの距離が近い時、環境騒音条件で有用な音響学的変数が利用され、距離が遠ざかると白杖音により有用となる音響学的変数が利用されていると考えられる。換言すれば、壁面の遮蔽縁を知覚する際、距離と音響学的変数の相互作用が生起するといえる。

距離・角度・音源の2次の交互作用が認められた。そこで、この分析結果を基に、壁面の遮蔽縁を正確に知覚できた条件を順序づけると次のようになる。

距離0.3mでは、E条件0deg < S条件0deg < E条件45deg < S条件45deg

距離0.9mでは、S条件0deg < S条件45deg < E条件0deg < E条件45deg

距離1.5mでは、S条件0deg<S条件45deg<E条件0deg<E条件45deg

以上の順序からもわかるように、0.3mと0.9m・1.5mとのパターンが異なっている。0.3mでは、白杖音が付加されるよりも環境騒音のみの条件の方が正確であり、しかも45degよりも0degの方が正確である。一方、0.9mと1.5mとでは白杖音が付加された条件の方が環境騒音条件よりも正確であることを示している。

これまでの考察から、次の様なことがいえる。

①0.9m以上と0.3mとでは知覚される音響学的変数が異なる。

②壁面は側方に存在する方が前方45degに存在するよりも遮蔽縁を正確に知覚できる。しかし、その効果は0.3mと0.9m以上とでは異なる。0.3mでは、環境騒音下の方が正確な知覚を行っているが、0.9m以上になると、環境騒音プラス白杖音条件の方が遮蔽縁知覚が正確になる。

では、どのような音響学的変数が利用可能であろうか。次に可能な音響学的変数の候補について議論する。

## 2) 利用可能な音響学的変数と本実験への適用可能性

まず、両耳に共通する変数(単耳受聴変数)なのかそれとも両耳に異なった音場を生起させる変数(両耳受聴変数)なのかについて検討する。仮に単耳受聴変数が有効であれば頭部の角度による効果は見られないであろう。一方、両耳受聴変数が有効であれば、頭部の角度による結果の差異が認められるであろう。本実験の結果、概して、頭部の角度が有意な効果を示したことから、全般的には両耳受聴変数が重要な役割を果たしていると考えられる。

以下、両耳受聴変数について可能な候補を議論する。

第1は、両耳間音圧差である。伊福部(1993)及び梶井・関・伊福部・田中(1993)がダミーヘッド録音による両耳付近の音場を分析した結果、



①障害物が正面に存在する場合、両耳における音場の変化（音源と耳とにおけるパワースペクトルの差）が等しいこと、②障害物が右側方に存在している場合、左耳に比して右耳の方が音場の変化が大きいこと、そして③障害物と反対側から放射音が到来する時、3 kHz以上で高音部の音圧の増加が見られたことを報告している。障害物と同側方向の耳で音圧が上昇したのは、放射音と反響音とが加算されたためと考えられる。①・②・③から、本実験においても、両耳の相対的な音圧差が知覚されていると思われる。

ところで、反響音の音圧も距離に依存する。さらに、1.5m以上の距離では頭部による回折の影響が減じられるため(Blauert, 1983)、両耳間音圧差も減少することが考えられる。事実、Table 5-2(d)から、距離0.3mと0.9mとでは0 degと45degの角度差が有意であったが、1.5mでは角度による差が減少していた。これらのことから、両耳間音圧差は遠距離よりも近距離で有効と考えられる。

第2の候補は、音色の両耳間差である。Bassett & Eastmond(1964)及びWilson(1966)は放射音が反響面と反対方向から到来し、且つ観察者が放射音源と反響面との間に位置する時、距離に依存した特定のピッチが知覚されることを示した。また、伊福部(1993)及び梶井・関・伊福部・田中(1993)は、障害物と反対側から放射音が到来する時、障害物側の耳でスペクトル上に多数のディップが生じることを記述している。これらの現象を含んだ反響音のスペクトルは知覚的には距離に特定の音色を生起する。両耳間距離、及び頭部の影響を考慮すると、左右の耳で知覚される音色には差異が考えられる。つまり、音色の両耳間差が知覚される。本実験状況は、音源と反響面（壁面）の間にダミーヘッドが位置していることから、先に引用した研究の実験状況と一致する。従って、音

色の両耳間差が第2の音響学的変数と考えられる。ただし、①位相干渉によるスペクトル上のディップを起こすためには反響音と放射音のエネルギー比が1/6以上なければならないこと（梶井・関・伊福部・田中，1994），②反響音の音圧は距離依存的であることなどから，壁面から距離が離れると音色の両耳間差が減少することが考えられる。これらのことから，音色の両耳間差が有効に機能するためには，梶井らが指摘するように，頭部が壁面に接近していることが求められると推察される。

第3の候補は，両耳間反響音遅延差である。白杖音特にタッピング音のようなパルス音が放射音源となる時，パルス音がオフセットしてから反響音が到来するため放射音によるマスキングが生じにくい。しかし，環境騒音はパルス音であることはまれであり，反響音をマスキングしてしまう。さらに，白杖は他の環境騒音の音源よりも壁面に接近しているため，環境騒音が音源となるよりも白杖が音源となる場合の方が，反響音が減衰しにくい。従って，環境騒音条件よりも環境騒音プラス白杖音条件の方が，両耳間反響音遅延差は有効であるといえる。

Table 5-5に，上記両条件における両耳間反響音時間遅延差を頭部の角度45degと0degとに分けて理論値を示す。なお，環境騒音条件における反響音時間遅延差は，関(1996)を基に算出された。

すなわち，

$$\Delta T = (2d \cos \theta) / c \quad (5-1)$$

ここで， $\Delta T$ は，反響音の時間遅延， $d$ は，壁面から右耳までの距離， $\theta$ は，音源と壁面との角度，そして $c$ は音速(340m/s)。

そこで，音源が頭部よりも壁面から離れており，環境騒音は壁面に対しあらゆる角度から到来すると仮定する。

その時，両耳間反響音時間遅延差 $\Delta T_{lr}$ は，

45degの場合：

$$\Delta T_{1r} = (2(0.12+d) - 2d)/c \quad (5-2)$$

0 degの場合：

$$\Delta T_{1r} = (2(0.17+d) - 2d)/c \quad (5-3)$$

ただし、0.17mはダミーヘッドの両耳間距離とする。また、0.12mとは、壁面から右耳までの距離dを延長した線と、左耳よりおろした垂線とが交わる点から右耳までの距離である(Figure 5-5 参照)。

環境騒音プラス白杖音条件の両耳間反響音時間遅延差は関・梶井・伊福部・田中(1994)を元に算出した。白杖(音源)が左耳の直下の足元に存在すると仮定するとき、

45degの場合：

$$\Delta T_{1r} = [((H^2 + 4(0.12+d)^2)^{1/2} - H) - ((H^2 + d^2 + (0.12+d)^2)^{1/2} - H)]/c \quad (5-4)$$

0degの場合：

$$\Delta T_{1r} = [((H^2 + 4(0.17+d)^2)^{1/2} - H) - ((H^2 + d^2 + (0.17+d)^2)^{1/2} - H)]/c \quad (5-5)$$

ここで、Hは音源から両耳までの高さ、本実験の場合は1.30mであった。なお、この理論値は、壁面が1対1の完全反射すると仮定されている。

Table 5-5から、環境騒音条件、環境騒音プラス白杖音条件共に頭部が0 degの角度、つまり壁面が右側方に存在する方が時間差が大きくなっている。また、環境騒音プラス白杖音条件では距離の増加に比例して時間差も増大している。

Table 5-5中、最小値は0.44msである。このような極めて微細な時間差を知覚しうるのだろうか。Kellogg(1962)によると、30~120cmの範囲で盲人は約10cmの誤差で正確に距離を感知した。同様に、Rice(1967)；

Rice & Feinstein(1965)によると、被験者の耳から0.6mにある小さなターゲットの存在の有無が探知された。これらの結果についてStoffregen & Pittenger(1996)は、重度視覚障害者が0.0003s(0.3MS)ないし0.001(1ms)の反響音遅延を知覚しうると解釈している。Table 5-5に示した値は全て0.3ms以上であり、放射音によるマスキングや音圧の減衰が影響しなければ、理論的には全ての条件における両耳間反響音時間遅延差は知覚されうると考えられる。しかしながら、実際は距離0.3mにおいてのみ環境騒音条件の方が環境騒音プラス白杖音条件よりも成績が良かった。本実験で用いられた環境及び白杖のタッピング音の特性のため、近距離では放射音が反響音をマスキングしたとも考えられる。

ところで、前述の交互作用の考察から、壁面からの距離と利用される音響学的変数とが相互作用していることが示唆された。先に挙げた三つの音響学的変数の候補の特性を考慮すると、本実験で使用した転回点が位置するような地下街では、近距離0.3mでは両耳間音圧差及び音色の両耳間差が利用されうるし、0.9m・1.5mといった遠距離では両耳間反響音時間遅延差が相対的に利用されうると考えられる。

### 3) 遮蔽縁知覚の安定性

最後に、変動距離誤差について考察する。変動が少ない順に列挙すると、次のようになった。

0.3m : E条件0deg<S条件0deg<E条件45deg<S条件45deg

0.9m : S条件0deg<S条件45deg<E条件45deg<E条件0deg

1.5m : E条件0deg<S条件0deg<S条件45deg<E条件45deg

恒常距離誤差の順位と完全に合致していたのは距離0.3m条件だけであった。このことから、壁面の遮蔽縁を正確に知覚できる時には、変動が少なく誤差が安定する傾向が示されたといえる。

#### 4) 転回点の聴覚的知覚を促進する要因

第5章第1節でも述べたように、転回点を聴覚的に知覚するためには、まず第1に壁面の存在を知覚し、その壁面の遮蔽縁を特定しなければならない。本実験の結果、これらの知覚の正確性を促進するのは、①壁面から近距離を維持し、②壁面が側方に存在するように頭部を進行方向に維持し、そして③白杖を利用してしかもタッピングテクニックを用いてパルス音を発することである。

### 3. まとめ

本実験では、前章で取り上げた目的歩行の実験で利用された転回点を取り上げ、その聴覚的同定に関与する要因を検討した。その結果、頭部が壁面から近距離に位置する方が遠距離よりも壁面の遮蔽縁（切れ目）を正確に知覚できた。また、頭部は壁面に対し直交する位置を維持することが有効であった。また、白杖によるタッピング音は概して遮蔽縁の知覚に有効に機能していた。得られた知見の考察より、両耳間音圧差と両耳間時間差とが音源の特性（環境騒音条件・環境騒音プラス白杖タッピング音条件）と相互作用をおこしながら、聴覚情報を伝達するといえる。転回点を確実に特定するためには、壁面の存在と断絶という聴覚的情報をもっとも有効に取り出す必要がある。そのためには、距離に影響されにくい白杖タッピング音を音源とし、壁面が側方に存在するように頭部を向けることが求められる。

### 4. 今後の課題

以上冒頭で設定した目的にそって考察を加えてきた。しかしながら、現段階では未解決な課題も残されており、それらについては今後の課題

としたい。次に簡単に列挙しておく。

- ① 音源と壁面との空間的關係と遮蔽縁の知覚との關係を明らかにすることが求められる。
- ② 白杖タッピング音の大きさを實際歩行中に變化させていることが考えられる。今後、タッピングの音の強弱と壁面の知覚との關係を觀察する必要がある。

Table 5-1 各条件における平均恒常距離誤差(絶対値)[m] n=7

条件	距離	0.3	0.9	1.5
45deg-E	m	1.06	1.58	1.34
	SD	0.37	0.62	0.43
45deg-S	m	1.17	1.01	1.32
	SD	0.54	0.51	0.61
0deg-E	m	0.69	1.21	1.32
	SD	0.27	0.31	0.42
0deg-S	m	0.81	0.78	0.81
	SD	0.45	0.36	0.40

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]  
 45deg/0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度  
 E: 環境騒音条件  
 S: 環境騒音プラス白杖音条件  
 m: 平均恒常距離誤差  
 SD: 標準偏差

Table 5-2 恒常距離誤差に関するmean comparison contrast testの結果

(a) 環境騒音条件

	0.3		0.9		1.5	
	F	p	F	p	F	p
0.9	16.99	0.00	/		/	
1.5	12.86	0.00				

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]  
 F: F値  
 p: 有意確率

(b) 環境騒音プラス白杖音条件

	0.3		0.9		1.5	
	F	p	F	p	F	p
0.9	0.61	0.45	/		/	
1.5	0.35	0.57				

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]  
 F: F値  
 p: 有意確率

## (c) 環境騒音条件×環境騒音プラス白杖音条件

		E					
		0.3		0.9		1.5	
		F	p	F	p	F	p
S	0.3	0.79	0.39	10.46	0.01	7.29	0.02
	0.9	0.01	0.92	16.12	0.00	12.11	0.01
	1.5	2.19	0.17	6.99	0.02	4.45	0.06

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]

S: 環境騒音プラス白杖音条件

E: 環境騒音条件

F: F値

p: 有意確率

## (d) 環境騒音条件における角度×距離

		45deg-E					
		0.3		0.9		1.5	
		F	p	F	p	F	p
0deg-E	0.3	11.91	0.01	67.35	0.00	35.87	0.00
	0.9	1.85	0.20	11.51	0.01	1.38	0.26
	1.5	5.47	0.04	5.84	0.03	0.04	0.85

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]

45deg/0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度

E: 環境騒音条件

F: F値

p: 有意確率

## (e) 環境騒音プラス白杖音条件における角度×距離

		45deg-S					
		0.3		0.9		1.5	
		F	p	F	p	F	p
0deg-S	0.3	11.59	0.01	3.51	0.09	22.34	0.00
	0.9	13.58	0.00	4.65	0.05	25.08	0.00
	1.5	11.25	0.01	3.33	0.09	21.87	0.00

注. S: 環境騒音プラス白杖音条件

0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]

45deg/0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度

F: F値

p: 有意確率



(f) 環境騒音条件における角度(45deg)

×環境騒音プラス白杖音条件における角度(0deg)

		45deg- E					
		0.3		0.9		1.5	
		F	p	F	p	F	p
0deg-S	0.3	5.75	0.03	51.16	0.00	24.36	0.00
	0.9	7.18	0.02	55.27	0.00	27.21	0.00
	1.5	5.51	0.04	50.44	0.00	23.86	0.00

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]

45deg/0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度

E: 環境騒音条件

S: 環境騒音プラス白杖音条件

F: F値

p: 有意確率

(g) 環境騒音条件における角度(0deg)

×環境騒音プラス白杖音条件における角度(45deg)

		45deg- S					
		0.3		0.9		1.5	
		F	p	F	p	F	p
0deg-E	0.3	19.87	0.00	8.57	0.01	33.42	0.00
	0.9	0.13	0.73	3.56	0.08	0.94	0.35
	1.5	1.78	0.21	8.19	0.01	0.00	0.99

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]

45deg/0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度

E: 環境騒音条件

S: 環境騒音プラス白杖音条件

F: F値

p: 有意確率

Table 5-3 各条件における平均変動距離誤差[m] n=7

条件 \ 距離	0.3	0.9	1.5	
45deg-E	m	0.52	0.80	0.76
	SD	0.26	0.21	0.15
45deg-S	m	0.66	0.61	0.62
	SD	0.31	0.47	0.40
0deg-E	m	0.34	0.83	0.49
	SD	0.22	0.19	0.18
0deg-S	m	0.44	0.34	0.57
	SD	0.19	0.27	0.29

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]  
 45deg/0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度  
 E: 環境騒音条件  
 S: 環境騒音プラス白杖音条件  
 m: 平均変動距離誤差  
 SD: 標準偏差

Table 5-4 変動距離誤差に関するmean comparison contrast testの結果  
 (a) 環境騒音条件

	0.3		0.9		1.5	
	F	p	F	p	F	p
0.9	30.47	0.00	/		/	
1.5	8.04	0.02				

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]  
 F: F値  
 p: 有意確率

(b) 環境騒音プラス白杖音条件

	0.3		0.9		1.5	
	F	p	F	p	F	p
0.9	1.05	0.33	/		/	
1.5	0.52	0.49				

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]  
 F: F値  
 p: 有意確率

## (c) 環境騒音条件×環境騒音プラス白杖音条件

		E					
		0.3		0.9		1.5	
		F	p	F	p	F	p
S	0.3	2.83	0.12	14.72	0.00	1.33	0.27
	0.9	0.44	0.52	23.61	0.00	4.73	0.05
	1.5	5.78	0.03	9.72	0.01	0.19	0.67

注. E: 環境騒音条件  
 S: 環境騒音プラス白杖音条件  
 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]  
 F: F値  
 p: 有意確率

## (d) 環境騒音条件における角度×距離

		45deg-E					
		0.3		0.9		1.5	
		F	p	F	p	F	p
0deg-E	0.3	4.26	0.06	27.64	0.00	23.20	0.00
	0.9	12.59	0.00	0.13	0.73	0.63	0.44
	1.5	0.09	0.77	12.16	0.01	9.28	0.01

注. E: 環境騒音条件  
 45deg/0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度  
 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]  
 F: F値  
 p: 有意確率

## (e) 環境騒音プラス白杖音条件における角度×距離

		45deg-S					
		0.3		0.9		1.5	
		F	p	F	p	F	p
0deg-S	0.3	6.04	0.03	3.89	0.07	4.43	0.06
	0.9	12.99	0.00	9.72	0.01	10.56	0.01
	1.5	0.91	0.36	0.22	0.65	0.36	0.56

注. S: 環境騒音プラス白杖音条件  
 45deg/0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度  
 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]  
 F: F値  
 p: 有意確率

(f) 環境騒音条件における角度(45deg)

×環境騒音プラス白杖音条件における角度(0deg)

		45deg-E					
		0.3		0.9		1.5	
		F	p	F	p	F	p
0deg-S	0.3	0.84	0.38	16.91	0.00	13.48	0.00
	0.9	4.26	0.06	27.64	0.00	23.20	0.00
	1.5	0.34	0.57	6.81	0.02	4.70	0.05

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]

45deg/0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度

E: 環境騒音条件

S: 環境騒音プラス白杖音条件

F: F値

p: 有意確率

(g) 環境騒音条件における角度(0deg)

×環境騒音プラス白杖音条件における角度(45deg)

		45deg-S					
		0.3		0.9		1.5	
		F	p	F	p	F	p
0deg-E	0.3	12.99	0.00	9.72	0.01	10.56	0.01
	0.9	4.03	0.07	6.22	0.02	5.58	0.04
	1.5	3.36	0.09	1.82	0.20	2.19	0.17

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]

45deg/0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度

E: 環境騒音条件

S: 環境騒音プラス白杖音条件

F: F値

p: 有意確率

Table 5-5 両耳間反響音時間遅延差[ms]

		45deg	0deg
E	0.3	0.71	1.00
	0.9	0.71	1.00
	1.5	0.71	1.00
S	0.3	0.44	0.58
	0.9	1.58	1.75
	1.5	2.73	2.91

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[m]  
 45deg/0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度  
 E: 環境騒音条件  
 S: 環境騒音プラス白杖音条件

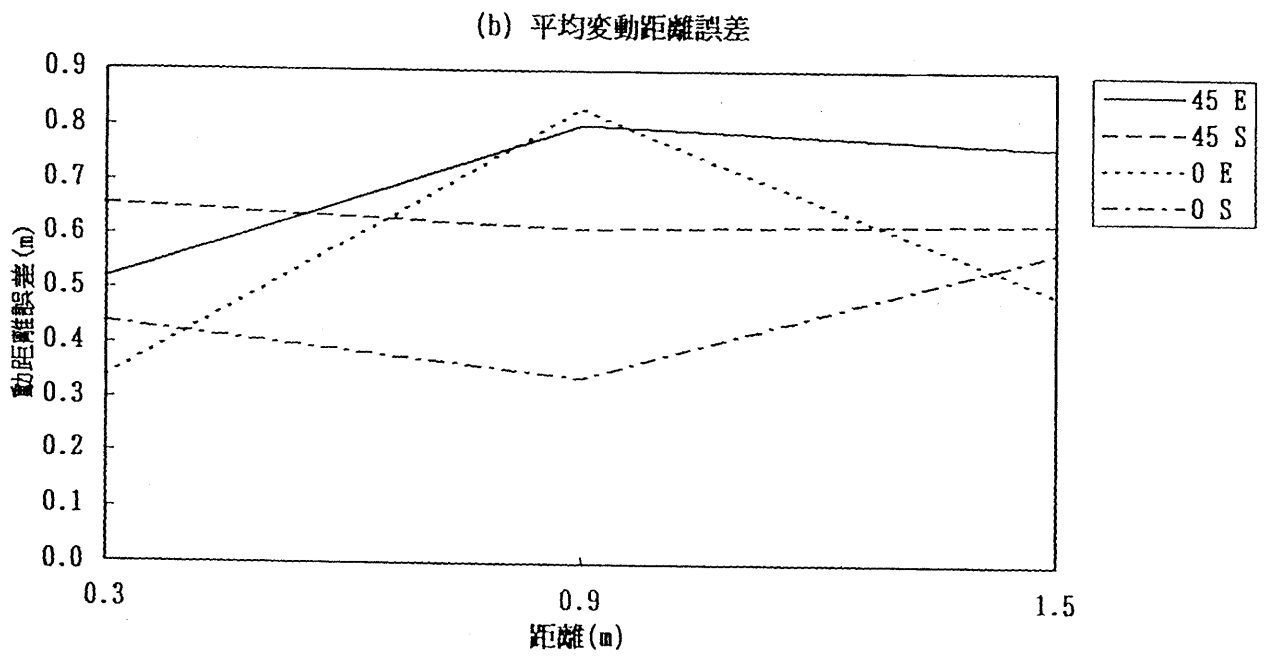
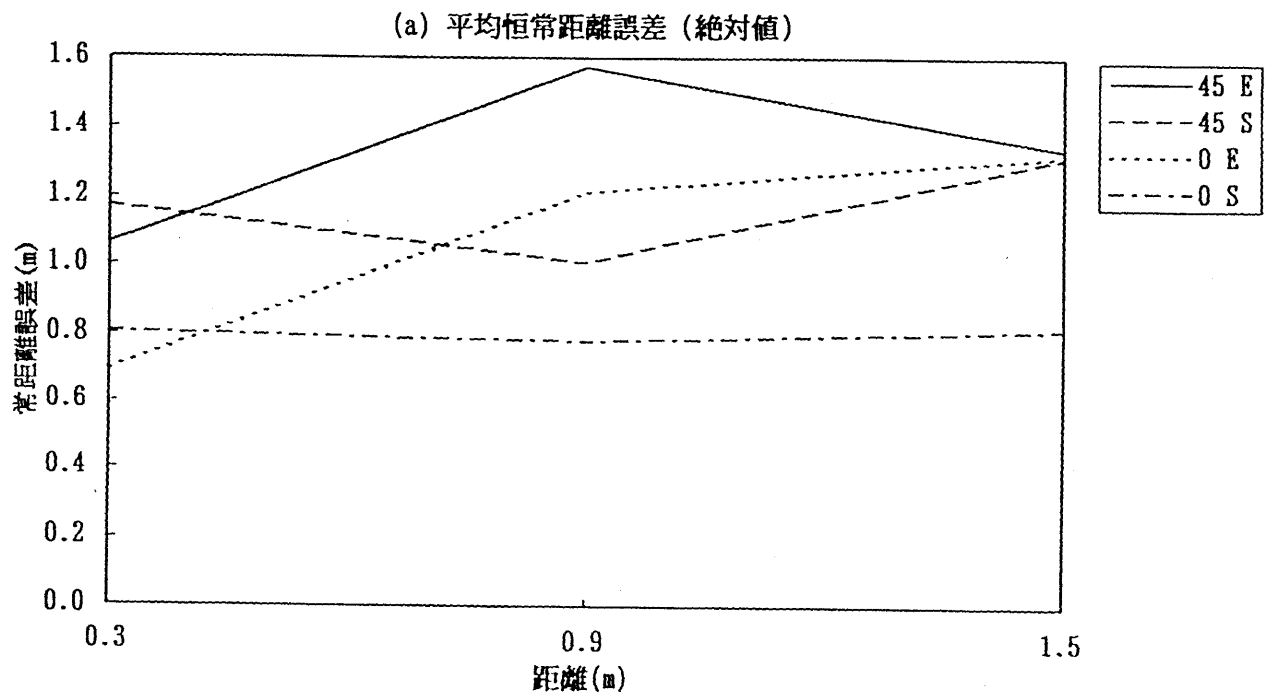


Figure 5-6 転回点の知覚における距離誤差

## 第 6 章

### 移動音源定位及び移動音・行為協応を 可能にする聴覚的情報

第 1 節  
( 実験 4 )

可聴時間のボタン押し課題と振り子衝突課題の  
正確性に及ぼす効果



## 1. 問題

予備調査から、重度視覚障害者が日常の歩行時に多様な聴覚的情報源を利用していることが示唆された。また実験1や実験2の目的歩行実験中の発話から、音源と歩行者との距離や方向の変化を知覚していることが示唆された。単独歩行が可能な重度視覚障害者の多くは、車輛や歩行者との接触を回避しつつ目的歩行を行っている。また、音源の移動方向から自己の環境内での位置を定位している。これらの行為を正確に行うには、自己と音源との空間的關係の変化を正確に知覚すると共に、そのような変化に適切に呼応した行為をすることが求められる。本章で取り上げる実験では、このような知覚と行為を可能にする聴覚的情報に焦点が当てられる。

近年、移動音源定位を正確にする速度や可聴時間などの要因に関する研究が行われてきている。

Perrott & Musicant(1977)によると、最小移動弁別角度は正中面すなわち0 degで最も小さく、両耳方向に向かうにつれて、すなわち90degに近づくにつれて大きくなる。さらに彼らの研究から、音源の速度が増加するにつれて、比例的に最小移動弁別角度も増加することが示されている。速度が増加すればそれだけ音源の可聴時間が短くなることから、正確な音源定位に必要な移動角度は、音源の速度に比例的に増加することを意味している。一方、Saberri & Perrott(1990)が得た結果によれば、移動速度が1.8deg/sec以下になると最小移動弁別角度が増大する。この結果について、Saberri & Perrott(1990)は、5~10secという提示時間が聴覚システムの貯蔵範囲を越えることによると解釈している。これらの結果は、速度により変化する可聴時間が移動音源の正確な定位に影響することを示唆している。ところが Rosenblum, Wuestefeld & Saldana

(1993)は、可聴時間及び速度は正中面への移動音源の到達には影響しないことを示した。Perrottらの最小移動弁別角度研究と、Rosenblumらの移動音源の到達認知研究とは移動音源定位を扱っているという点で共通している。しかしながら、これらは根本的に方法論を異にする。前者では、聴覚刺激は音場提示され、刺激の移動はあくまで角度変化であって、音源から被験者までの距離は変化しない。後者では、聴覚刺激は録音された車輪音であり、ヘッドフォン提示される。聴覚刺激の角度と距離とは共変する。前者の研究における被験者の反応は言語報告であり、後者ではコンピューターのボタン押しである。

聴覚刺激の可聴時間及び速度が移動音源定位の正確さに及ぼす効果は、上記のように、研究により異なる。しかしながら、結果を解釈する際に留意すべきは、これらの研究で被験者に求められる行為は、重度視覚障害者が日常的に直面している課題と比較すると、難易度を異にすることである。

そこで、言語報告やボタン押しなどの課題ではなく身体の一部を実際に動かすような課題を設定する事が求められる。本実験及びこれに続く実験4・実験5・実験6では、音響学的変数を厳密に操作できないという短所は有するが、移動音源と行為の協応を単純化した課題を用いることとした。具体的には、音場提示される鉄球の移動音を音刺激として、それに対する被験者の反応を分析することとした。

## 2. 目的

本実験では、問題を踏まえ次のように目的を設定した。

- ① ボタン押し課題，振り子衝突課題という異なる2種の課題を設定し，これらにおける正確さの差異を検討する。

②速度及び到達時間を制御することにより，可聴時間が両課題の正確さに及ぼす効果を検討する。

### 3. 方法

#### 1) 被験者

Schiff & Oldak(1990)によれば，重度視覚障害者の場合には聴覚刺激提示条件でもtime-to-arrival(到達までの残り時間)知覚が正確であった。この知見を踏まえ，本研究では聴覚一運動協応に熟練していると考えられる10名の重度視覚障害者(男性9名，女性1名)を被験者とした。先天性重度視覚障害者5名，後天性重度視覚障害者5名であった。被験者の年齢は15歳～31歳であった。

#### 2) 実験装置

##### (1) 概要

聴覚的な情報を利用して移動音源定位及び移動音・行為協応を測定するために，本実験では新たに装置を開発した。Figure 6-1に実験状況の概要を示す。またFigure 6-2に装置の概要を示す。なお，実験装置の詳細は，間々田・伊藤(1995)を参照されたい。被験者の耳軸に対して平行かつ水平に設置された鉄製の滑走路(18mm×2700mmのU字鋼)上を鉄球(直径38mm)が2点で接しながら等速で滑走すると摩擦音が発生する。被験者はその音から滑走する鉄球(以下滑走球とする)を定位しながら，後に示すような課題を行う。

音源の移動軌道として耳軸に平行以外に正中面を選択することもできるであろう。Figure 6-1のような軌道を選択した理由は，主として，次の2点である。

①日常的に，音源の移動には角度及び距離の変化を伴うことが多い。

②滑走球が正中面を被験者に接近する場合，そこで求められる課題は音源の距離知覚となる。距離知覚には反響音が重要な役割を果たすことが示されている(Mershon & Kings, 1975)。従って，このような軌道では摩擦音に伴って必然的に生じる反響音が課題に影響することが考えられる。それに対し，水平面上の音源定位には反響音はあまり影響しないことが示されている(Guski, 1990)。

本実験及びこれ以後の実験5及び実験6で使用される鉄球の移動方向は，Rosenblum, et al.(1987, 1993)と同様であることから，音源の移動に伴って変化する音響学的特性は音圧強度・ドップラー周波数シフト・両耳間時間差及び強度差と考えられる。

## (2) 装置の構成

Figure 6-2に装置の概要を示す。装置は，架台部・滑走路部・計測部から構成されている。

(a) 架台部：U字鋼(18mm×1800mm)を2本ずつ組合せ，支柱2本をU字鋼(18mm×900mm)で固定した橋脚様の構造物である。架台部上端には，金属製の円管が渡されている。振り子衝突課題を行う際，直径45mmのゴム製ボールと150cmのテグス糸からなる振り子を下げることができるようになっている。

(b) 滑走路部：180cmと90cmのU字鋼を組み合わせた台座上に滑走路が設置されている。滑走路は18mm×2700mmのU字鋼であり，震動や共震を軽減するための発泡性ゴムが付けられている。また，滑走路の両端にはアクリル製の斜面(450mm×10mm)が装着されている。

(c) 計測部：滑走路上の定点計測部(Figure 6-2中，Sw1及びSw2)と振り子計測部(同図中，Sw3)とがマウス端子を介してパーソナルコンピュータ(NEC; PC9801NS/A)に接続されている。定点計測部は，

リード線の末端をブラシ状に加工した電極であり，これらは①滑走路上の先端部・②滑走球の軌道と振り子の軌道とが交差する地点，すなわち接触地点（Figure 6-1中，接触点）の2ヶ所に設置される。振り子計測部は，滑走路上に張り出した電極部と受け部とからなる。

### 3) 鉄球の等速度運動の信頼性

本実験では移動する鉄球の等速度運動を前提としている。そこで，等速度を確保するため，滑走球の進行方向側を約6mm下方傾斜させた。等速度運動の安定性は間々田・伊藤(1995)により確認された。

### 4) 課題

全ての被験者には次の二つの課題が課せられた。

#### (1) ボタン押し課題（PB課題と略す）

耳軸に平行に移動する滑走球が正中面に到達したと判断した際に，被験者はコンピューターに接続されたボタンを押す。

#### (2) 振り子衝突課題（PH課題と略す）

ボタン押し課題と同様の軌道を持つ滑走球と振り子の先端にあるボールを正面で衝突させるために，被験者は適切な時点でボールを手から放つ。振り子が被験者の位置から接触点まで到達するまでの時間は，0.62secである。

### 5) 可聴時間

150cmの滑走路を滑走する鉄球の速度を変化させることにより，滑走音の可聴時間が制御された(Figure 6-3)。

(1) 可聴時間short条件（以下，S条件とする）：鉄球が1.0m/secの速度で滑走するため可聴時間は $1.50 \pm 0.02$ secとなる条件である。

(2) 可聴時間long条件（以下，L条件とする）：滑走球の速度は0.50m/secであり，したがって可聴時間は $3.00 \pm 0.03$ secとなる条件で

ある。

#### 6) 手続き

実験は6.75m×14.5m×2.8mの簡易防音室内で実施された。被験者は滑走路から両耳までの距離が0.8mの位置に正対して着席した。教示を受けた後2つの課題が実施された。接触点の位置でブザー音が約1秒提示され、直後に鉄球が滑走し始めた。鉄球の発射は、実験補助者が斜面の先端に置かれた鉄球から手を離すという方法によった。PB課題・PH課題それぞれ練習を2試行行い、各課題ごとに20試行（S条件・L条件ごとに左右5試行ずつ）実施した。したがって、計44試行が課せられた。課題・条件及び左右の接近方向は被験者間で偏りがないようにカウンターバランスされた。各試行の成否に関する評価並びにフィードバックは全く与えられなかった。課題遂行にあたっては、頭部は正面に向けたまま動かさないこと、接近してくる滑走音のみを手がかりにし数を数えるなどの他の方略を使用しないことが強調された。

なお実験時の暗騒音を測定したところ38dB(A-weighted)であった。

#### 7) 測度

本実験では、滑走球が実際に接触地点に到達する時間と知覚された時間とが測定された。時間を測定指標とした理由は次のことによる。

- ①本課題の一つであるPH課題が移動音源への振り子の衝突のためにタイミングを計る課題であり、時間が重要な役割を果たすこと。
- ②これまでの移動対象へのタイミング行為(interceptive timing)研究や移動音源定位の一つである音源の「到達までの残り時間」(time-to-arrival)研究のほとんど全てが移動対象の接近時間と被験者の反応時間を指標にしていること(Bootzma, 1989; Lee, van der Weel, Hitchcock, Matejowsky & Pettigrew, 1992; Lee, Young, Reddish, Lough

& Clayton, 1983; McLeod & Ross, 1983; Rosenblum, Wuestefeld & Saldana 1993; Schiff & Oldak, 1990)。

(1) 滑走球が接触点に実際に到達するまでの時間 (実際の時間とする)

これは、Figure 6-2中、Sw1—Sw2の所要時間である。すなわち、スタート地点と接触点に設置されている定点計測部間の所要時間を測定することにより得られる。

(2) 知覚された時間

これは、Figure 6-2中、Sw1—Sw3間の時間である。すなわち、PB課題では、滑走球のスタート地点通過時よりボタンが押されるまでの時間であり、PH課題では滑走球のスタート時より振り子が電極バーに接触するまでの時間を測定する。

実際の時間と知覚された時間とは、プローブとマウス端子を介して接続されているコンピューターにより測定される。

#### 4. 結果

PB及びPH知覚の正確さは知覚された時間と実際の時間との差を元にしてしている。しかしながら、S条件、L条件には測度差があるためこれをそのまま測定指標とすることはできない。具体的には、PH課題における各条件の平均絶対時間誤差は、S条件：0.30sec、L条件：0.55secであった。これは、一見すると、S条件の方が誤差が少ないように思われる。しかしながら、S条件の実際の時間は1.50secであるのに対し、L条件のそれは3.0secである。つまり、可聴時間が異なるため、誤差をそのまま比較することはできない。そこで、誤差の実際の時間に対する比率を求め、これを時間誤差として以下の分析の基本的な測度とした。すなわち、

$$\begin{aligned} \text{時間誤差} &= ([\text{知覚された時間}] - [\text{実際の時間}]) / [\text{実際の時間}] \times 100 \\ &= ([\text{知覚された時間}] / [\text{実際の時間}] - 1.0) \times 100 \quad (6-1) \end{aligned}$$

時間誤差の取りうる範囲は、0～77.04である。

時間誤差を元に、Tresilian(1994)と同様の二つの値を求めた。

- ① 恒常時間誤差(constant timing error: CEと略す) 課題及び条件ごとに各被験者の平均時間誤差を求めた。これをその被験者の恒常時間誤差(以下、CEと略す)と定めた。
- ② 変動時間誤差(variable timing error: VEと略す) 各課題及び条件において、個人内の時間誤差のばらつきの指標として時間誤差の標準偏差を求め、これをもって各被験者の変動時間誤差(以下、VEと略す)とした。

#### 1) 残り時間の過小知覚と過大知覚

知覚された時間が実際の時間よりも小さい(過小知覚)と実際の時間よりも大きい(過大知覚)との度数分布を見てみる。過小知覚の総度数に対する割合(カッコ内は度数)を見ると、S及びL条件でそれぞれ、PB課題では58%(58); 60%(60), PH課題では43%(43); 85%(85)となった。これらの値を見る限り、PB課題ではS及びL条件間に差は見られない。一方、PH課題ではS条件よりもL条件の方が過小知覚の度数が多い。つまり、可聴時間が長く速度が遅い場合、被験者は滑走球の到達を、実際よりも早く到達したものと知覚していることを意味する。

ところで、過大知覚と過小知覚とが共に認められたことから、上記の時間誤差を直接加減するとゼロに接近してしまい、分析結果の妥当性が失われる。そこで、時間誤差の絶対値を取ることにした。すなわち、

$$\text{時間誤差} = ([\text{知覚された時間}] / [\text{実際の時間}] - 1.0) \times 100 \quad (6-2)$$

#### 2) 失明時期



まず、失明時期に関し、課題及び条件に差異が認められるか否かを検討する。Table 6-1に、先天性及び後天性重度視覚障害者の両群における2課題及び2条件ごとの平均CEを示す。得られた値に関し3要因分散分析を実施した。3要因の内、1要因、すなわち失明時期は、被験者間要因、他の2要因すなわち課題及び条件は被験者内要因である。分析の結果、失明時期に関しては主効果は認められなかった ( $F(1,8)=0.53;NS$ )。また、課題及び条件との交互作用も共に認められなかった ( $F(1,8)=0.12;NS$ ;  $F(1,8)=0.40;NS$ )。このことは、課題及びそれらが実施された条件における成績には、失明時期は影響していなかったといえる。従って、これ以下の分析では被験者を一括して扱うこととする。

### 3) 課題及び条件の効果

では、課題と条件の結果を比較検討する。Table 6-2に、条件及び課題ごとに平均CEとVEとを示す。

まずCEについて見ると、PH課題よりもPB課題の方が値が小さく、移動音源定位の方が正確であることがわかる。時間誤差の絶対値を元に角度を求めると、PB課題ではS条件=12.7・L条件=12.2であり、PH課題ではS条件=20.5deg・L条件=19.1degであった。

時間誤差の差異を検討するために、2(課題)×2(条件)の多変量分散分析を実施した。ここで、2要因は被験者内要因である。その結果、課題の主効果が認められた ( $F(1,9)=12.95;p<0.01$ )。しかしながら、条件の主効果 ( $F(1,9)=0.72;NS$ ) 及び交互作用 ( $F(1,9)=0.06;NS$ )では共に認められなかった。

次に、VEについてみると、PH課題の方がPB課題よりも値が2倍ほど大きくなっている。前述と同様の分散分析を実施した。その結果、課題の主効果が認められた ( $F(1,9)=17.19;p<0.01$ )。一方、条件の主効果

( $F(1,9)=0.01;NS$ ) 及び交互作用 ( $F(1,9)=0.31;NS$ ) は認められなかった。PB課題の方がPH課題よりも変動が少なく、安定した反応が行われたといえる。

ところで、変動の程度は被験者内で一貫しているのだろうか。つまり、S条件とL条件の変動誤差には相関があるのだろうか。各被験者の変動時間誤差の対、計10対に関し、ケンドールの順位相関係数を求めた。その結果、ブザー押し課題： $r=0.71(p<0.05)$ 、振り子衝突課題： $r=0.65(p<0.05)$ であった。これは、被験者ごとに変動の程度は一貫する傾向であることを示している。すなわち、一方の条件で時間誤差の変動が大きい被験者は、他の条件においても大きな変動を示す傾向にあることになる。

## 5. 考察

これまでの結果から、ボタン押し課題では振り子衝突課題よりも時間誤差が小さく、知覚された時間の変動も少ないことがわかる。課題による差異をもたらした要因として、第1に課題の複雑さの違い、及び第2に最小移動弁別の角度による違いとが考えられる。

第1の可能性についてであるが、両課題で求められるのは、ボタン押し課題では、滑走球の到達の知覚であり、振り子衝突課題では、滑走球の到達までの残り時間と振り子の到達までの残り時間の知覚及びタイミングの評価である。従って、滑走球と振り子の到達までの残り時間を共に知覚しそれらを総合することが振り子衝突課題に特有である。つまり、振り子衝突課題の方がボタン押し課題よりも複雑と見なしうる。このことが移動音・行為協応と移動音源定位の差異をもたらしたと考えられる。

第2の可能性は、最小移動弁別角度が正面（すなわち0 deg）よりも両

耳側に接近する（すなわち90degに接近する）方が大きいことである。本実験におけるボタン押し課題は、正中面を中心とした角度弁別である。一方、振り子衝突課題においては、L条件では31.8deg、S条件では35.2degの角度を知覚し振り子をリリースしなければならない。水平面における最小移動弁別角度の特徴から、前者の課題の方が後者よりも閾値が小さいことがわかる。このことが、振り子衝突課題の誤差及び変動が大きい要因と考えられる。

さて、可聴時間の主効果は認められなかった。この結果はRosenblum, et al.(1993)と合致する。このことから、移動音源定位及び移動音・行為協応の正確さに可聴時間が影響しないことが示された。ではなぜ可聴時間と両課題の正確さとは無関係なのだろうか。鉄球の移動は被験者の頭部を中心としてある種の聴覚刺激の変化、つまり音響学的流動を生起する。この音響学的流動は、音響学的特性（音圧強度・ドップラーシフト・両耳間時間差及び強度差）の変化を被験者にもたらす。これらの音響学的変数は、任意の時点におけるFigure 6-1中のSで示された音源と被験者の直線距離及び距離の変化を反映する。言い換えれば、接触点に到達までの残り距離あるいは時間とその変化が特定される。距離や時間の変化が特定可能な程度に可聴時間があれば、移動音源定位、移動音・行為協応を行うことができると考えられる。本実験では1.5あるいは3.0 secだけ滑走音が提示された。移動音源定位及び振り子衝突課題に関する限り、距離や時間の変化を特定するのに十分な可聴時間であったといえる。

しかしながら、本実験では、装置の制約から可聴時間を制御することにより滑走速度も共変していた。したがって、時間と速度とを完全に分離することはできず、また走行距離も1.50mと両条件に共通していた。そ

のため得られた知見は示唆の域に留まらざるをえない。

Table 6-1 失明時期の違いによる課題  
及び条件ごとの平均恒常時間誤差(CE)

		S条件	L条件	
P B	e a r l y	m	11.67	9.98
		SD	4.18	3.23
	l a t e	m	13.13	14.06
		SD	3.16	2.09
P H	e a r l y	m	20.04	17.47
		SD	4.31	9.75
	l a t e	m	20.03	19.97
		SD	6.91	6.85

注. S条件: 可聴時間short条件

L条件: 可聴時間long条件

P B: ボタン押し課題

P H: 振り子衝突課題

e a r l y: 先天重度視覚障害群

l a t e: 後天性重度視覚障害群

m: 平均恒常距離誤差

SD: 標準偏差

Table 6-2 各課題及び条件ごとの時間誤差[%] n=10

		S条件		L条件	
		CE	VE	CE	VE
PB	m	12.26	6.72	11.61	6.00
	SD	3.87	1.48	3.47	2.12
PH	m	20.04	11.49	18.47	12.09
	SD	5.50	4.01	8.79	5.37

注. S条件: 可聴時間short条件

L条件: 可聴時間long条件

PB: ボタン押し課題

PH: 振り子衝突課題

CE: 恒常時間誤差

VE: 変動時間誤差

m: 平均恒常距離誤差

SD: 標準偏差

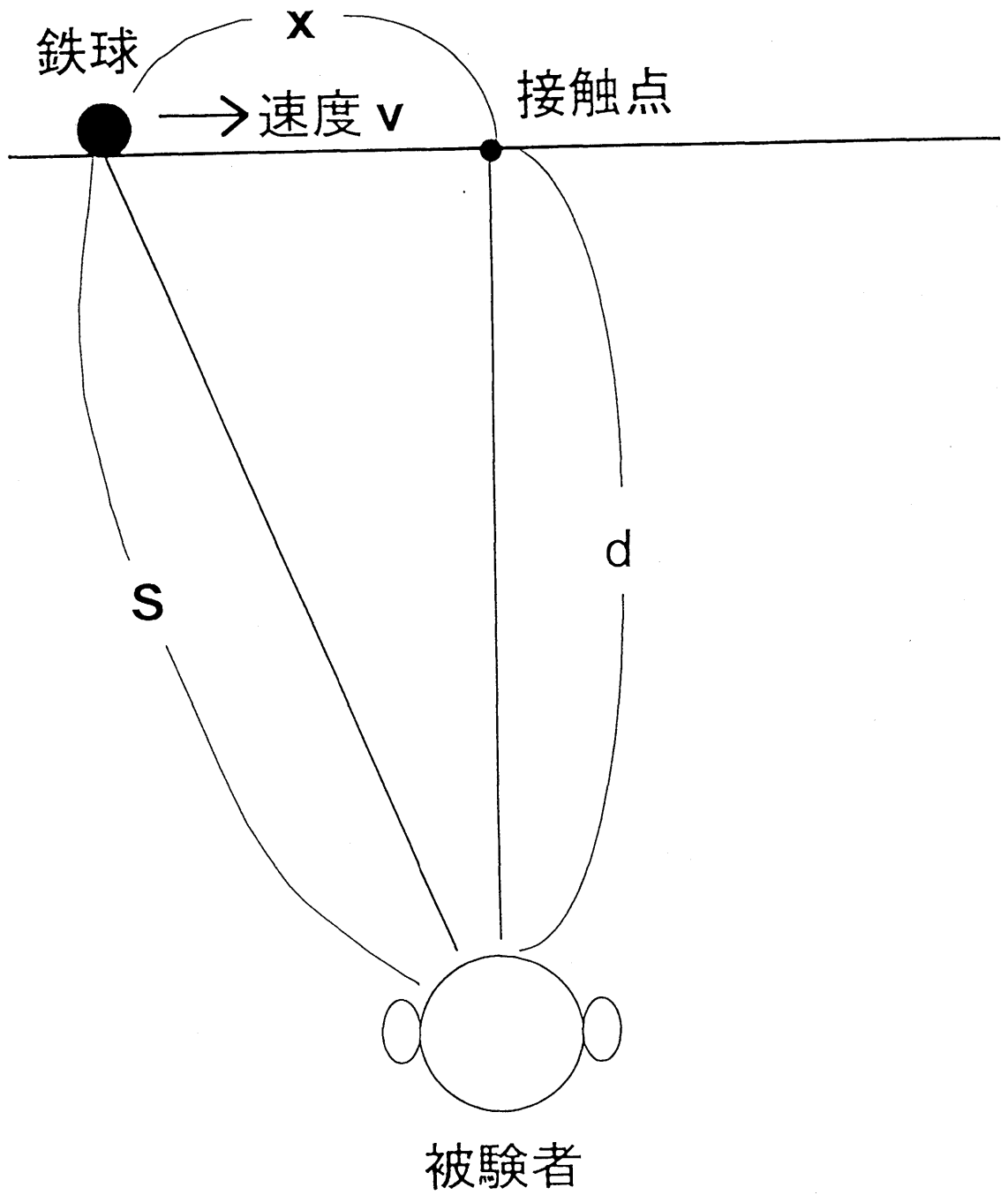
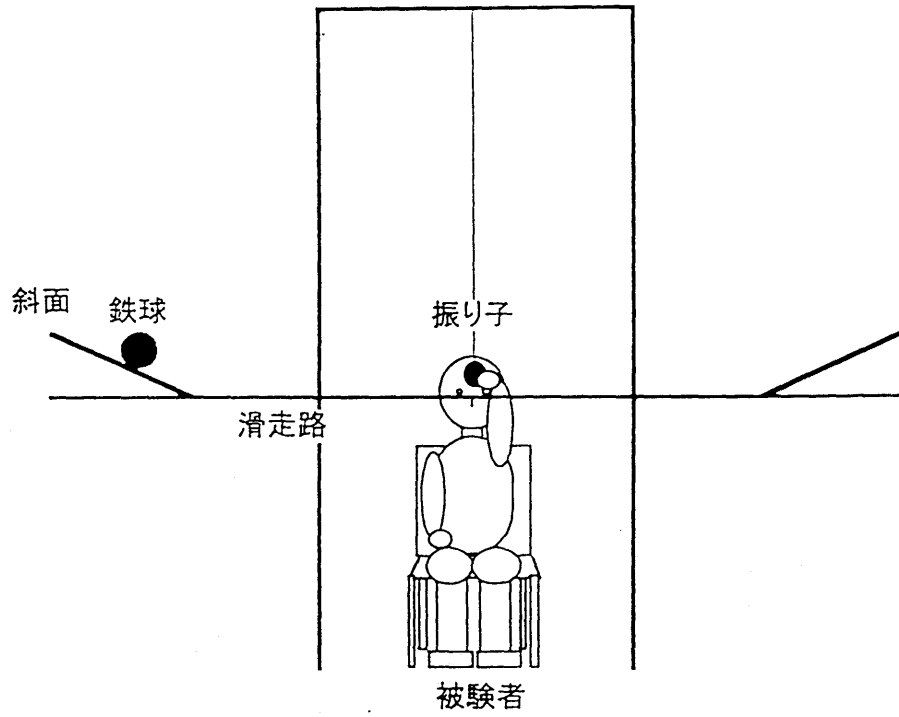


Figure 6-1 実験状況の模式図

# 正面から見た図



# 上から見た図

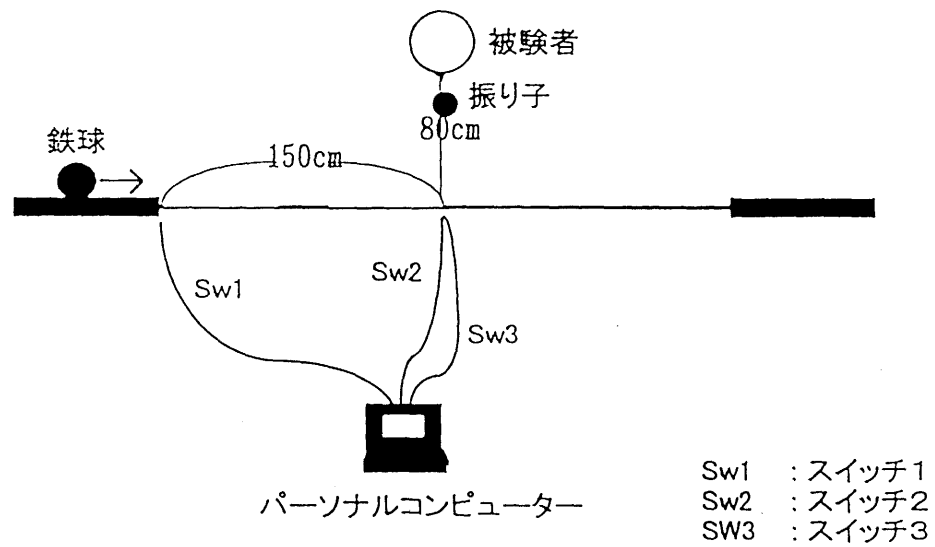


Figure 6-2 実験装置



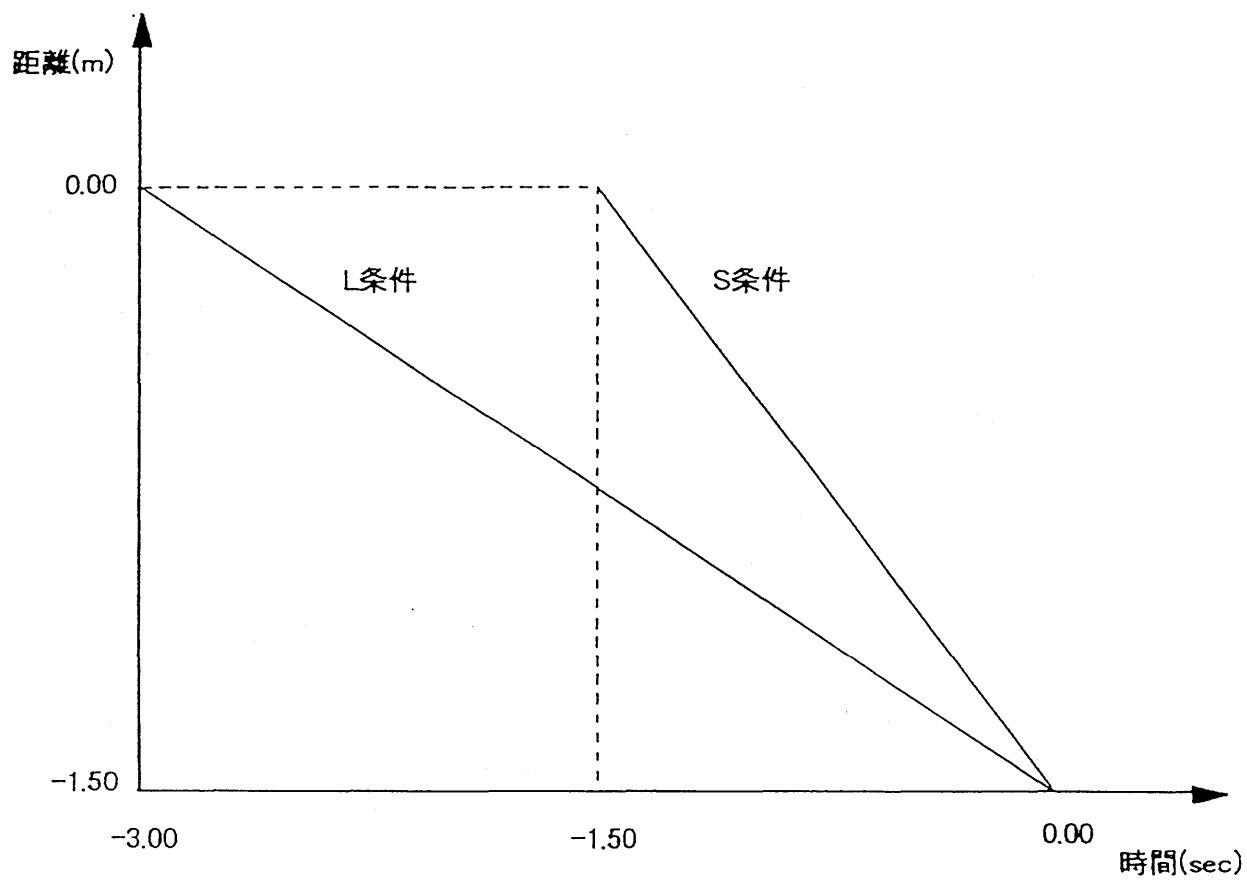


Figure 6-3 距離と時間の関係

第 2 節  
( 実験 5 )

振り子衝突課題を用いた移動音・行為協応に  
おける加速度の効果

## 1. 問題

前節の実験において、単なる移動音源定位にせよ、移動音・行為協応にせよ、可聴時間あるいは音源の速度は正確性に影響しないことが示された。しかしながら前述したように、実験装置の制約のため速度と時間とが共変していること、滑走距離が同一であることなどが結果の解釈を制限している。そこで、滑走距離及び可聴時間は同一であるが単位当たりの変化率が異なる条件を設定し、成績を比較検討することとした。

前節で詳述した実験においては、最小移動弁別角度の実験と同様に、等速度を前提としている。可聴時間long条件(L条件)は可聴時間short条件(S条件)よりも速度が遅く、可聴時間も長いにもかかわらず、S条件と同程度の時間誤差を示した。これは、両条件に共通する何か、つまり空間的位置の変化が一定であることが情報として利用されていることを示唆するのだろうか。では仮に、単位時間当たりに音源の空間的位置が一定の変化をせず、変化の変化つまり変化率が増加しながら移動する時、どのような反応が現れるのだろうか。Figure 6-4のような、等速度条件と加速度条件とを設定し両条件間の差異を検討することにより、利用されている情報に関する示唆が得られると考えられる。等速度条件よりも加速度条件の方が、時間誤差が大きくなれば被験者は音源の加速を推論することができないことを意味する。この場合、実験1における2条件の類似性は等速度という時間的変化を利用した結果と考えられる。一方、両条件に対し同程度の時間誤差を示すならば、単位距離及び単位時間に対する変化率など速度そのもの以外の情報を利用していることが示唆される。

日常的にも、等速度で移動している移動音源はほとんど見あたらない。重度視覚障害者が遭遇する人にせよ車輦にせよ、加速したり減速したり

する。故に加速する移動音源に対する重度視覚障害者の移動音・行為協応課題の正確性は、そのような日常的な事象への示唆を含んでいると思われる。

## 2. 目的

本実験では次のことを目的とした。

- ・滑走路の加速が移動音・行為協応の正確性に及ぼす効果の検討を行う。

## 3. 方法

### 1) 被験者

7名の重度視覚障害者が本実験に参加した。先天性重度視覚障害者は5名、後天性重度視覚障害者は2名であった。年齢は15歳～26歳であった。その内、男性は6名、女性は1名であった。彼らは、全て正常な聴力を有していた。

### 2) 実験装置

鉄球の滑走の方法及び時間誤差の測定法は実験4と同様である。実験装置についても概して実験4と同一である。ただし、加速度条件においては等加速度を保つため、滑走路部の台座に対する滑走路の傾斜角度は、約0.09度とした。これまでの空間定位の研究によると、最小弁別角度は仰角にして3.5度と言われていることから(Middlebrooks & Green, 1991)、本実験における傾斜角度それ自体が移動音源知覚のための付加的な手がかりにはなりにくいと判断した。

### 3) 課題

課題は、振り子衝突課題のみとした。この課題が単なる移動音源定位よりも複雑な課題であり、難易度が高いものの、ボタン押し課題よりも

日常的に求められている知覚・行為協応に対する示唆を得ることが期待できることなどがその理由である。

#### 4) 条件

次の2条件が設けられた(Figure 6-4)。

(1) 等速度条件：接触点から1.20mの距離を、実際の時間が $1.50 \pm 0.03$ sec、速度約0.80m/secで鉄球が等速度で滑走する条件である。

(2) 加速度条件：同距離を実際の時間が1.50secであるが、等加速度で鉄球が滑走する条件である。

加速度の信頼性を確認するため、距離0.4・0.8・1.2mのそれぞれの地点で滑走路の速度を測定した。距離と速度との相関を求めたところ、 $R=0.99813$ 、 $R^2=0.99626$ ( $p<0.001$ )となった。なお、それら3地点における加速度を算出すると、 $1.80 \cdot 1.28 \cdot 1.00$ m/s<sup>2</sup>であった。厳密に等加速度が維持されず、若干の減速になっているのは、鉄球と滑走路との摩擦や空気抵抗のためと考えられる。そのため等加速度に近似した加速度条件と見なすことが妥当であろう。

#### 5) 手続き

実験は実験4と同一の簡易防音室内で実施された。なお実験時の暗騒音を測定したところ、実験4と同様に38dB(A-weighted)であった。被験者に与えられた教示は実験4と同様であった。被験者は滑走路から0.80m離れた地点に着席し、振り子衝突課題を各条件20試行(左右各10試行ずつ)を行った。ただし、実験装置の改良と調整に長時間を要するため、条件についてカウンターバランスすることはできなかった。全ての被験者は、最初に等速度条件について20試行を行った。その約10ヶ月後、加速度条件について20試行を行った。そのため、要員計画の観点からすると順序効果は排除されていない。10ヶ月という期間があること、5回の練習

試行について見る限り、学習は認められなかったことから、次の結果では両条件を比較検討することとした。

#### 4. 結果

速度条件の効果について検討する。Table 6-3に、各条件ごとの恒常時間誤差(CE)と変動時間誤差(VE)を示す。

Wilcoxon testの結果は、CE・VEといった両指標においても条件間に有意差は認められなかった。したがって、滑走球の加速の有無は振り子衝突課題の正確さに影響しないと考えられる。また、VEに差異が見られなかったことから、移動音源が等速であっても等加速であっても、振り子をリリースするタイミングは変動しないことを示している。

#### 5. 考察

##### 1) 等速と等加速に共通する要因

なぜ加速の有無が振り子衝突課題に影響しなかったのであろうか。本実験の両条件に共通するのは、距離と可聴時間であった。これらが手がかりにされていれば、両条件に差異が認められないのは当然であろう。まず、これらの候補について検討してみる。

滑走球がある特定の方位角に到達した時点で被験者は振り子をリリースしているのだろうか。すなわち、空間的変位(displacement)による任意の位置が手がかりとなっているのだろうか。時間誤差を基に被験者が振り子をリリースした地点の平均値を推定してみると、接触点からの距離は、加速している滑走球の場合0.321m、等速の滑走球の場合0.153mであった。厳密に加速度が同率ではないため、推定値はあくまで目安に過ぎないが、両条件に対し同一の方位角で振り子がリリースされていると

は考えにくい。では、可聴時間についてはどうであろうか。知覚された時間から振り子の所要時間を減じることにより被験者が振り子をリリースした時点を推定してみる。加速している場合、 $1.326 - 0.62 = 0.706\text{sec}$ 、等速度の場合、 $1.308 - 0.62 = 0.688\text{sec}$ となる。このことは、滑走球のスタートに伴い生起する移動音の可聴時間がリリースする時点の手がかりとなっているように思われる。しかしながら、もしそうであれば実験4の両条件に差異が見られないことをどのように説明すればよいのだろうか。もし可聴時間が有効な手がかりとして利用されているのであれば、2倍の可聴時間を持つL条件の方がリリースする時点の推定は正確になるはずではないのだろうか。

Perrott & Marlborough(1989)は、音源の移動を通して収集された空間情報を聴取者は利用しているとし、音が発せられた瞬間に音源が占有している空間的位置と他の時点における音の発せられた位置との比によるとする理論に意義を唱えている。つまり、可聴時間全体を通じて何らかの動的な情報が聴取者により利用されていることを意味している。しかし、彼らはそれがどのような情報であるかについては議論していない。この情報が実験5における各条件間に等価であり、且つある程度のある種の臨界値を越えた可聴時間がその情報を提供できるならば、条件間の反応が類似していることを説明できると思われる。

では、そのような情報とは何か。等速度条件では単位当たりの速度変化はない。一方、加速度条件では単位当たりの速度変化が見られる（加速度）。しかし、この加速度は単位当たりほぼ一定である。つまり、両条件共に速度及び加速度の変化率は一定なのである。この一定の変化率を情報として取り出すことが可能であれば、任意の時点までの可聴時間からその後の任意の時点における音源の位置を特定することができるで

あろう。

その変化率という情報を伝達するのが音響学的変数である。本実験の場合、ほぼ水平面上を音源が移動するため、方位角の変化と距離の変化とは共変している。従って、水平面上の両耳間定位あるいは空間定位に利用される音響学的変数が利用可能となる。すなわち、単耳受聴変数としては反響音の直接音に対する比や周波数成分であり、両耳受聴変数として、両耳間時間差および音圧差である。Mershon & Kings(1975); Mershon & Bowers(1979)から、直接音に対する反響音の比率が大きい時、対象を遠距離に知覚する。実験4・5における被験者も滑走路からの直接音の音圧と滑走路への反響音の音圧との比率とその変化を利用していることが考えられる。また、距離変化に伴う周波数成分の変化を利用していることも考えられる(Little, Mershon & Cox, 1992)。ただし距離変化は、実験4では2分の1強、実験5では2分の1弱である。この距離変化において、滑走路からの直接音と滑走路への反響音の比および周波数成分がどの程度変化するのは疑問である。他は、両耳受聴変数である。滑走路が被験者の耳軸に平行に移動していることから、両耳間差に基づく聴覚情報について検討すべきであろう。次項では両耳受聴変数について変化率という情報の記述を試みる。単耳受聴変数については今後の課題として残されている。

## 2) 音響学的変数により伝達される変化率という情報

Ashmead, Davis & Northington(1995)は、音圧の距離当たりの変化の音圧に対する割合が変化率という情報になることを示した。彼らは、観察者が移動するにつれて正中線上の観察者と音源との距離が変化する時、変化率という情報が生起することを示した。ここでは、本実験状況のような正中線に対し角度を持つ軌道を音源が移動する場合の情報の形式を



この変化率から導くことを試みる。Figure 6-5に滑走路と被験者及び滑走路と被験者との直線距離に関する幾何学的模式図を示す。Figure 6-5中、 $x$ は滑走路から左耳の延長線と滑走路の交わる場所までの距離、 $d$ は被験者から滑走路までの距離、 $h$ は両耳間距離、そして $s_l \cdot s_r$ は滑走路から左右それぞれの耳までの直線距離とする。

(1) 両耳間音圧差

まず、両耳間の音圧差について検討してみよう。観察者から音源までの距離を $s$ 、距離 $s$ における音圧 $p$ とする時、 $s$ と $p$ との関係は、 $p=c s^{-2}$ である。ただし、 $c$ は定数とする。両耳間音圧差ILDを両耳の音圧差と定めると、音圧差と音源までの距離とは次のように記述できる。

$$ILD=c s_l^{-2}-c s_r^{-2}=-c(s_l-s_r)/(s_l s_r)^2=-c(s_l-s_r)(s_l s_r)^{-2} \quad (6-3)$$

これはILDが両耳までの距離の差の関数として表すことが可能であることを意味している。

次に距離差当たりの変化率を求めるために、 $s_l-s_r$ で微分すると

$$d(ILD/d(s_l-s_r))=-c(s_l s_r)^{-2} \quad (6-4)$$

Ashmead, Davis & Northington(1995)やWilson(1966)と同様に、任意の時点における感覚量とその時点での変化率との割合を求めることにより、定数項が消去される。すなわち、

$$d(ILD/d(s_l-s_r))/ILD=[-c(s_l s_r)^{-2}]/[-c(s_l-s_r)(s_l s_r)^{-2}]=1/(s_l-s_r) \quad (6-5)$$

(6-5)式は、音源の音圧それ自体に関する項が含まれていない。この記述に含まれているのは、両耳までの距離差である。この距離差 $s_l-s_r$ は両耳間距離 $h$ を反映すると考えられる。 $s_l \cdot s_r$ が取りうる範囲は

$$\begin{aligned} & |(x^2-d^2)^{1/2} > s_l > ((h/2)^2+d^2)^{1/2} | \\ & | ((x+h)^2+d^2)^{1/2} > s_r > ((h/2)^2+d^2)^{1/2} | \end{aligned}$$

つまり、ILDの変化率は音源の音圧の大小に無関係に、両耳間距離を基に取り出すことが可能であると考えられる。両耳間距離は観察者に固有であることから、両耳間音圧差の変化率という情報は反響音の大きさの直接音のそれに対する比率と同様に、絶対的情報(absolute information; Mershon & Bowers, 1979)と見なすことができる。この絶対的情報は音源の特性に無関係という点で「絶対的」なのである。なお、相対的情報(relative information)とは、音の音圧強度であり、他の音源の音圧強度との比較によってのみ情報となりうるという点で「相対的」である。

そして、両耳間音圧差の変化率という情報は、音源に限らず、直接音を反響させる対象物と観察者との距離変化を特定する情報ともなりうるということが期待できる。

## (2) 両耳間時間差

Woodworth(1938)は幾何学的に任意の時点における両耳間時間差, ITDを導いた。すなわち,

$$ITD = s/c(\theta + \sin \theta) \quad (6-6)$$

ここで、ITDは両耳間時間遅延、 $c$ は音速、 $s$ は音源から観察者の正中線までの距離、 $\theta$ は観察者の正中線方向と音源までの距離 $s$ のなす角度である。

ここで、単位距離当たりのITDを求めると、

$$d(ITD)/ds = 1/c(\theta + \sin \theta) = (\theta + \sin \theta)c^{-1} \quad (6-7)$$

次に、ITDに対するITDの変化率の割合を求めると、

$$d(ITD)/ds/ITD = [(\theta + \sin \theta)c^{-1}] / [s(\theta + \sin \theta)c^{-1}] = 1/s \quad (6-8)$$

(6-8)式から、ITDの変化率は音源からの距離の関数として規定される。

本実験の場合、スタート時点が最もILD及びITDが大きく、接触点でゼロとなる。スタートした瞬間の両耳間差は距離情報となり、音源の空間

的変異（聴覚的刺激の可聴時間）は時間情報となる。観察者は、時間を単位とするにせよ、距離を単位とするにせよ、聴覚的刺激を基にしている。いずれにせよ、 $1/(s_l - s_r)$  または、 $1/s$ が根本的な情報の形式といえよう。

両耳間音圧差と両耳間時間差との優先性についても本実験からは確たる知見は得られていない。この点については今後の課題として残される。

### 3) 日常的移動音・行為協応過程への示唆

最後に、本実験で得られた示唆が日常的課題へどのような意味をもたらすかを考えてみる。本実験における課題は移動音・行為協応課題といっても極めて単純化された課題である。重度視覚障害者が目的歩行において求められる移動音と自己の行為との協応はこれよりはるかに複雑である。そのため不用意な類推には注意を要する。しかしながら、次のことは言えるであろう。つまり、移動音源はそれが等速なのか、加速しているのか、もしくは減速しているのかといった時間当たりあるいは距離当たりの変化率を重度視覚障害者の歩行者に提供可能である。そして重度視覚障害者はその情報を利用可能であり、それを用いて移動対象と接触したりそれを回避したりするといった自己の行為を制御可能となることである。もちろん、情報の利用可能性には音源の聴経験あるいは個人差が関与することは想像に難くない。Ashmead, Davis & Northington (1995)は変化率という情報は音源の音圧レベルには無関係であると主張している。つまり、音源の知識は不要であるとしているのである。たしかに上述したように、例えば、 $d(ILD)/d(s_l - s_r)/ILD = 1/(s_l - s_r)$ で記述される音響学的変数には音源に関する知識を含んでいない。しかしながら、正確に音源の位置を特定するためにはこれだけでは不十分なように思われる。例えば、Gardner(1969)が示しているように、人の音声に関する知

識があると、音圧レベルに無関係に音源を正確に知覚できる。また、同じ音圧の音源が同じ速度で被験者の左右を移動するとしても、その場所が屋外と屋内とでは反響音と直接音の比率は大きく異なってくるであろう。さらに同じ屋内といっても、壁面・床面・そして天井面の材質により全く異なる比率となる。従って、自己の行為を制御することを意図して音源の将来的位置を正確に特定するためには、(6-5)・(6-8)式の変化率という情報だけでなく、音源に関する音響学的知識や環境の音響学的経験が必要と思われる。このような音響学的知識の果たす役割については、同一の音響学的環境下で同一課題を多数回行うことによる成績の変容を検討することにより明らかにできるとと思われる。この問題については第4節で議論する。

Table 6-3 各条件ごとの時間誤差[%] n=7

	等速度条件		等加速度条件	
	CE	VE	CE	VE
m	12.77	9.85	11.60	7.99
SD	4.33	2.19	5.20	2.11

注. CE: 恒常時間誤差

VE: 変動時間誤差

m: 平均恒常距離誤差

SD: 標準偏差

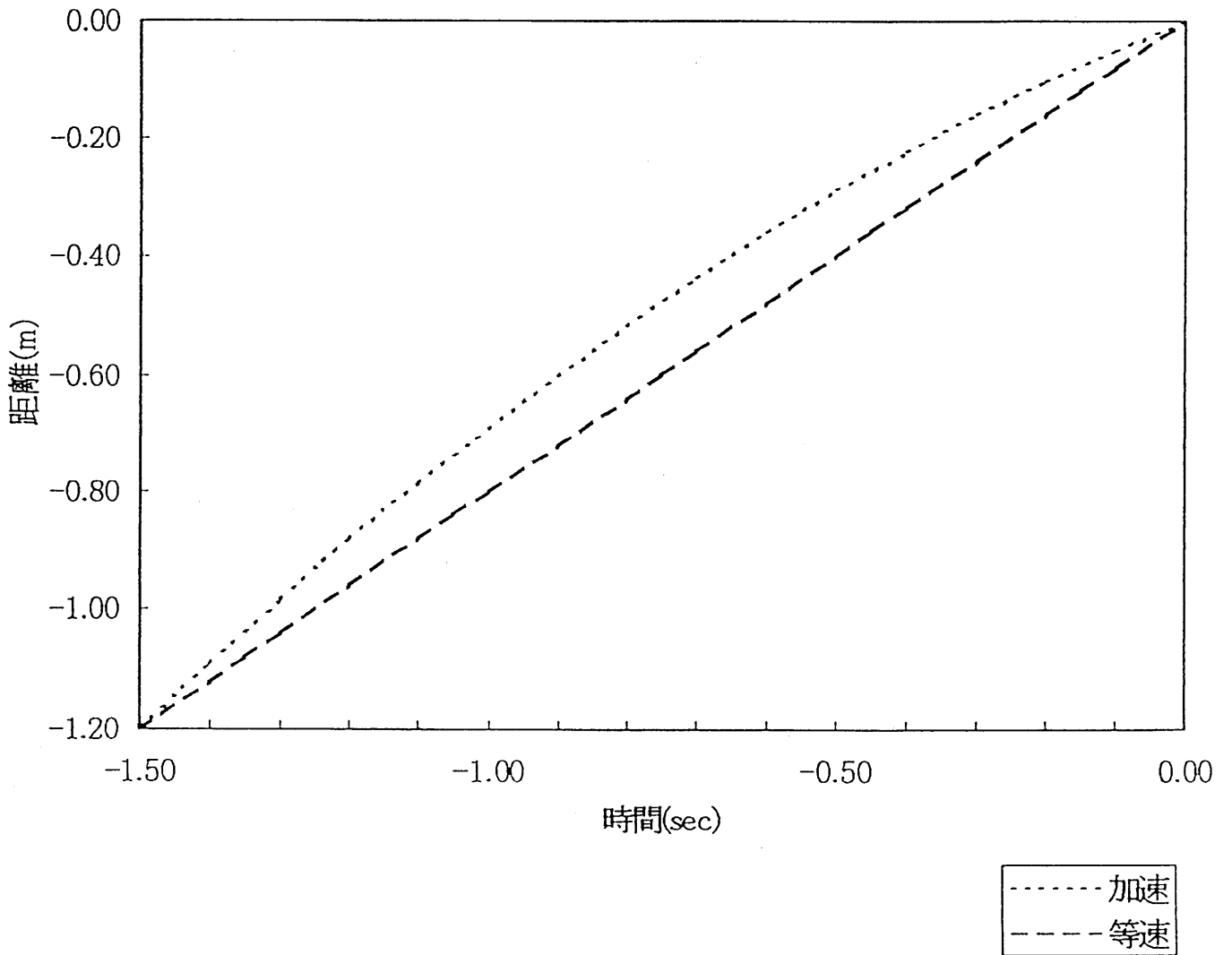


Figure 6-4 等速度及び加速度条件における時間と距離の関係

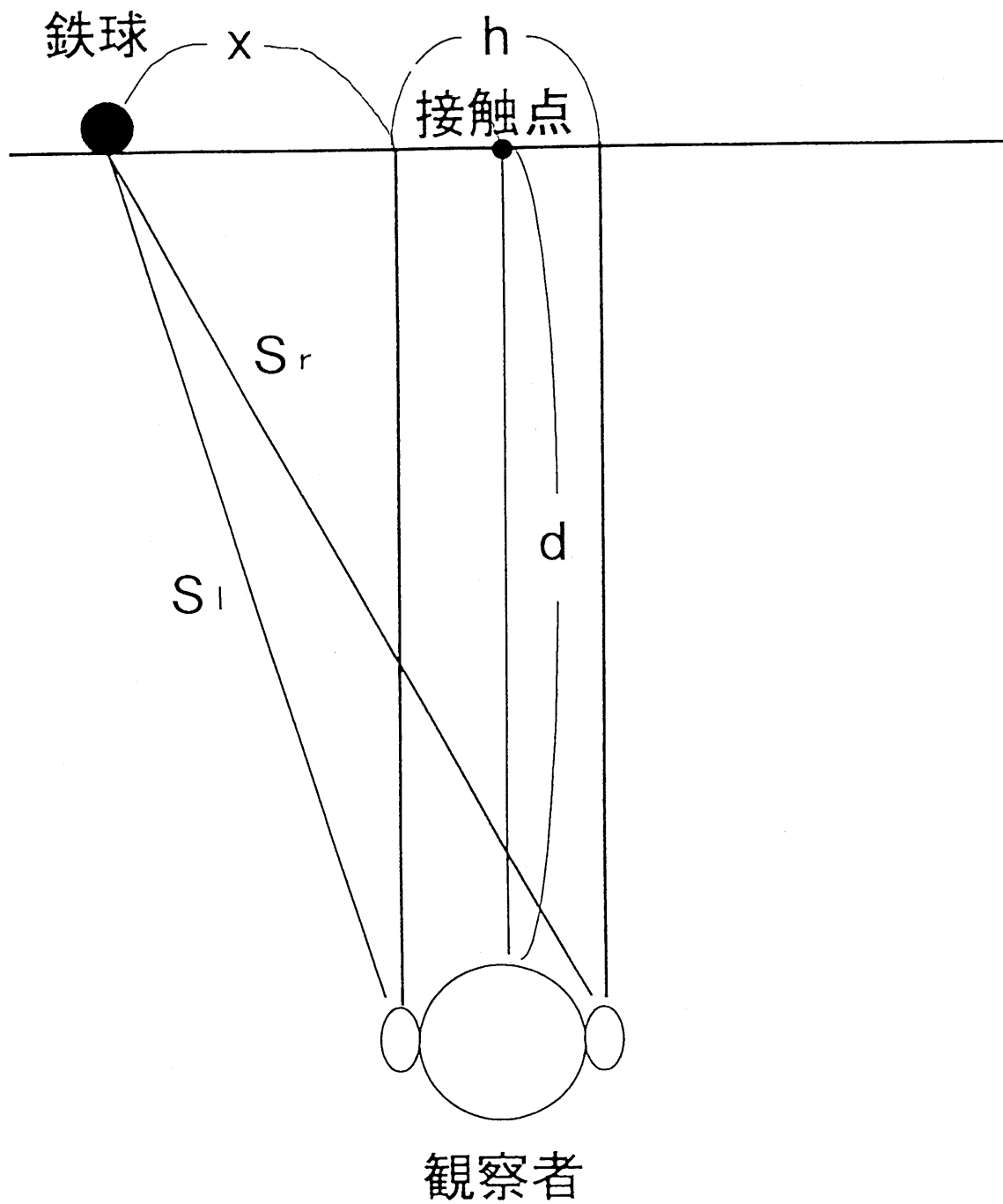


Figure 6-5 実験状況と両耳間差の模式図

第 3 節  
( 実験 5 )

振り子衝突課題を用いた  
移動音・行為協応における結果の  
推論の正確性



## 1. 問題

聴覚的フィードバックが与えられていないにもかかわらず、実験4の被験者全てが「振り子が滑走路に到達する以前に鉄球に当たるか否かがわかる」、あるいは「振り子を手から離れた瞬間に衝突するかどうかは予想できる」と報告している。これらの報告は、被験者が自己の行為の成否を結果的に推定していることを示唆している。そこで、言語報告に頼らざるをえないが、行為の結果推定の正確さを検証することとした。仮に、被験者が自己の行為の結果を推定することが可能であるならば、フィードバックが与えられなくても、移動音・行為協応を学習する可能性を示すことになる。

## 2. 目的

本実験では次のように目的を設定した。

- ・接触という行為の結果を推定することの正確性を検討する。

## 3. 方法

### 1) 被験者

第2節の実験と同一の7名の重度視覚障害者が本実験に参加した。年齢は15歳～26歳であった。視力はゼロか、光覚であった。

### 2) 手続き

第2節の振り子衝突課題の各試行終了後、振り子が滑走路よりも接触点を早く通り過ぎたか、それとも滑走路より後に通り過ぎたかを被験者は言語報告した。振り子が滑走路に衝突すると、接触音が出るか、あるいは滑走路が滑走路から落下するため、接触に関する聴覚的フィードバックが被験者に与えられる。従って、接触に関しては言語報告を求めな

かった。

#### 4. 結果と考察

自己の行為によりもたらされる結果をどの程度正確に知覚しているかを見ることにする。符号付きの時間誤差を算出し、符号の正負により、それぞれ時間誤差プラス及び時間誤差マイナスとする。次に、各試行ごとに求めた言語報告を、①振り子が滑走球に先行して接触点を通過したとする判断（知覚マイナスとする）、②滑走球が振り子より先行して接触点を通過したとする判断（知覚プラスとする）に分類した。Table 6-4は、時間誤差プラス・マイナスと、知覚プラス・マイナスの平均一致率と標準偏差である。

Table 6-4から両者の一致率が高いことが見て取れる。t検定を行った結果、等速度条件の知覚プラスが有意傾向であった以外、各条件とも有意差が認められた。等速度条件では、知覚マイナス： $t=3.51$ ； $df=6$ ； $p<0.01$ ・知覚プラス： $t=2.31$ ； $df=6$ ； $p<0.10$ 、加速度条件では知覚マイナス： $t=3.42$ ； $df=6$   $p<0.02$ ・知覚プラス： $t=4.71$ ； $df=6$ ； $p<0.01$ となった。このことから、被験者は自己の行為の結果をかなりの正確さで推定していることが示されたといえる。前節において、振り子を被験者が放つための情報は、移動する滑走音が伝達する変化率という情報であることが示唆された。この聴覚的情報は単なる移動音源定位、移動音・行為協応だけでなく、自己の行為の結果をも推定することを可能にしている。

ただし、どのようなメカニズムが行為の結果の推定を可能にしているのかについては本実験からは明確なことはいえない。可能な解釈としては、聴覚的情報（変化率・音の大きさの上昇）などを利用して、被験者独自の滑走路までの距離推定を行い、同時に、被験者独自に振り子の滑

走路までの到達時間を推定しているのではないだろうか。これら被験者から滑走路までの距離及び振り子の到達時間の推定と、変化率情報から推定される滑走路の接触点への到達時間とを比較した結果、振り子と滑走路とのずれをカテゴリカルに特定できると考えられる。このような可能性を含めこの問題のさらなる検討が今後の課題として残される。

振り子と滑走路の時間的あるいは空間的誤差を探知できるとすれば、それが次回の行為の制御に利用されることが考えられる。つまり、明確な聴覚的フィードバックが与えられなくても、振り子と滑走路とのずれを推定することにより振り子をリリースする時点を調整し、移動音・行為協応学習が行われることが期待される。

次節では、明確な言語的・知覚的フィードバックを得られない条件を設定し、この問題を検証することとする。

Table 6-4 時間誤差と主観的知覚の一致率[%] n=7

		時間誤差 マイナス		時間誤差 プラス	
		m	SD	m	SD
等速度条件	知覚-	77.53	22.19	35.36	17.92
	知覚+	22.47	22.19	64.64	17.92
等加速度条件	知覚-	73.87	18.46	19.51	15.85
	知覚+	26.13	18.46	80.49	15.85

注. 知覚-: 知覚マイナス

知覚+: 知覚プラス

m: 平均恒常距離誤差

SD: 標準偏差

第 4 節  
( 実験 6 )

振り子衝突課題を用いた  
移動音・行為協応の正確性の変容

## 1. 問題

前節で示されたように、振り子衝突課題を用いた移動音・行為協応の分析では、明確なフィードバックが被験者に与えられなくても自己の行為の結果をかなりの正確さで推定していた。このことは、言語的・知覚的フィードバックがもたらされなくとも、重度視覚障害者は自己制御的に移動音・行為協応を学習していく可能性を示唆する。Schiff & Oldak (1990)によると、重度視覚障害者による移動音源の到達の推定の正確性は、晴眼者が映像を利用した場合のそれと同程度であった。彼らの解釈によると、この結果は、晴眼者が視覚情報を利用して対象の到達を特定することにおいて視知覚的に学習しているのと同様に、重度視覚障害者も聴覚情報を利用して対象の到達を聴知覚的に学習していることを意味している。

また、第2節の考察の項でも述べたように、変化率情報に加え、音源の音響学的知識が獲得されるならば、振り子衝突課題の正確さも改善される可能性がある。

さらに、Rosenblum, Wuestefeld & Saldana(1993)では2種類の速度の聴覚的刺激が1条件当たり10試行連続して提示されている。この方法では特定の速度に対し学習が成立したのか、速度に無関係な到達を特定する聴覚情報を学習したのかが不明確となる。仮に、特定の速度に対し協応学習が成立した後に、異なった速度で接近する移動音に対しても協応学習が転移するならば、速度に無関係な聴覚的情報と行為との協応が学習されたと考えることができるであろう。一方、転移しないならば、速度に固有な音響学的特質が正確さに深く関連しているといえるであろう。

## 2. 目的

そこで本実験では次のことを目的とする。

・振り子衝突課題に未知な重度視覚障害者を対象として、移動音・行為協応の正確さの変容を検証する。

## 3. 方法

### 1) 被験者

5名の重度視覚障害者が本実験に参加した。先天性重度視覚障害者3名、後天性重度視覚障害者2名であった。年齢は17歳～21歳であった。彼らの内、男性は3名、女性は2名であった。全て聴力に障害は見られなかった。

### 2) 課題

課題は振り子衝突課題のみとした。

### 3) 手続き

実験は実験4及び実験5と同様の簡易防音室内で実施された。先の実験と同様に暗騒音は、38dB(A-weighted)であった。教示及び課題遂行の手続きは概して実験4と同一であった。滑走球は1.5mの距離を速度1.0m/s実際の到達時間にして1.50secで滑走した。実験は3セッションに分けて実施された。被験者は各セッションで練習5試行を行った後、40試行を連続して行った。三つのセッションは約3週間ごとに実施された。各被験者は3セッションを通して120試行課題を行った。全120試行は2段階に大別することができる。

#### (1) 速度一定段階

1～100試行は滑走球の速度が1.0m/s、実際の到達時間1.5secであり、移動音・行為協応学習が求められる段階である。

## (2) 速度ランダム段階

101~120試行では滑走球の速度が1.01m/s~0.53m/s, 実際の到達時間にして1.48sec~2.81secの間でランダムに変化した。

### 4. 結果

まず, 時間誤差の変化傾向を見ることにする。全120試行における時間誤差の回帰分析を最小2乗法により実施した。Figure 6-6に, 時間誤差・その絶対値のプロット及び回帰直線を示す。なお, 絶対値に関する相関係数とその検定結果は次のようになった。全てにおいて1パーセント以下で有意差が認められた。

B1 :  $r=-0.24477$ ;  $t(118)=2.845$ ;  $p=0.0052$

B2 :  $r=-0.40418$ ;  $t(119)=5.019$ ;  $p=0.0000$

B3 :  $r=0.25206$ ;  $t(119)=2.958$ ;  $p=0.0037$

B4 :  $r=0.29172$ ;  $t(119)=3.464$ ;  $p=0.0007$

B5 :  $r=-0.34503$ ;  $t(119)=4.175$ ;  $p=0.0001$

B3及びB4では正の相関, 他のB1・B2・B5では負の相関を示した。これは, 3名が試行を重ねることに伴い時間誤差が減少しているのに対し, 2名が逆に誤差を大きくしている。しかしながら, B2及びB5を除き, 他は0.3以下と高い相関とは見なしにくい。サンプル数が120と大きいため無相関の検定では有意差が認められたと考えられる。

そこで, サンプルを整理してさらなる分析を行うこととした。1セッションには40試行が含まれるので, これを4分割し10試行を一つの単位とした。これをディビジョン(division)とする。従って, 全120試行は12ディビジョンに下位分類された。それぞれのディビジョンごとに平均恒常時間誤差と平均変動時間誤差を算出した。Figure 6-7の内, (a)は恒常時



間誤差，(b)は変動時間誤差のプロットである。ディビジョン1つまり冒頭の10試行と，ディビジョン10つまり速度一定段階の最終10試行の平均値とを比較した。また，ディビジョン1と，ディビジョン12つまり速度ランダム段階の最終10試行の平均値とを比較した。Figure 6-8を見ると，ディビジョン1では各被験者が示した時間誤差の取る範囲は，27.74～5.37であり，角度にして約18.90～3.84degであった。ディビジョン10になると，その範囲は7.46～1.94と狭くなり，角度にして約5.30～1.38degとなった。そして，ディビジョン12では，11.70～8.44，角度にして8.35～6.0degとなった。ディビジョン1に比してディビジョン10あるいはディビジョン12の方が値のばらつきが少なく，且つ値自体も小さくなっている。

恒常時間誤差の平均値の絶対値について，t検定を実施した。その結果は，次のようになった。

B1：ディビジョン1とディビジョン10；  $t(8)=3.897$ ；  $p=0.0046$

ディビジョン1とディビジョン12；  $t(8)=2.959$ ；  $p=0.0182$

B2：ディビジョン1とディビジョン10；  $t(9)=14.831$ ；  $p=0.0000$

ディビジョン1とディビジョン12；  $t(9)=5.805$ ；  $p=0.0003$

B3：ディビジョン1とディビジョン10；  $t(9)=0.006$ ； N.S.

ディビジョン1とディビジョン12；  $t(9)=0.856$ ； N.S.

B4：ディビジョン1とディビジョン10；  $t(9)=3.814$ ；  $p=0.0041$

ディビジョン1とディビジョン12；  $t(9)=1.657$ ； N.S.

B5：ディビジョン1とディビジョン10；  $t(9)=7.066$ ；  $p=0.0001$

ディビジョン1とディビジョン12；  $t(9)=6.048$ ；  $p=0.0002$

これらの結果から，ディビジョン1とディビジョン10に関する限り，B3を除き有意な時間誤差の減少が認められる。ディビジョン1とディビ

ジョン12との比較ではB3及びB4を除き有意な減少が示された。B3について、全ての比較において有意な減少が見られなかった理由として、天井効果(ceiling effect)が考えられる。この被験者の場合、他の被験者よりディビジョン1においても時間誤差が少ない。おそらく、他の被験者よりも急速に誤差が減少し、誤差が「頭打ち」状態になったと考えられる。

次に、各ディビジョンの変動時間誤差の推移を検討するために、ケンドールの順位相関係数を算出した。その結果は、次のようになった。

B1 :  $r = -0.13741$

B2 :  $r = -0.30303$

B3 :  $r = 0.09091$

B4 :  $r = -0.27273$

B5 :  $r = -0.27273$

全ての相関係数について、10パーセント以下の有意傾向または有意差は認められなかった。反応のばらつきには学習効果は認められなかった。このことは、試行を重ねることにより反応が安定するようになるというよりも、むしろ試行の当初からある種の系統的な反応が持続していたことを意味している。

## 5. 考察

一定の速度で滑走球が接近してくる条件について移動音・行為協応学習が成立することを検討した。また、速度がランダムに変化した場合の成績の変化をも合わせて検討した。本実験の結果から、100試行繰り返すことにより5名のうち4名の時間誤差が減少した。このことは、移動音・行為協応学習が成立したことを意味している。移動音に対する行為の

協応においても、その課題に習熟することによって、正確な時点で振り子をリリースすることが可能となったと考えられる。

また、3名の被験者に関して、ディビジョン1とディビジョン12との比較から、速度がランダムに変化しても、時間誤差はディビジョン1の水準ほど大きくなることはないことが示された。つまり、彼らに関する限り、速度一定段階で獲得された移動音・行為協応は速度が変化しても、ある程度維持されることを示している。

ただし、速度ランダム段階の結果には注意を要する。滑走球の速度は1.01m/sから0.53m/sまで変化した。速度ランダム段階以前の100試行が1.0m/sの速度であったことから、この段階での速度が1.0m/sに近似するほど時間誤差も少なくなることが考えられる。そこで、全被験者の時間誤差と速度とのピアソンの積率相関係数を求めた。その結果、 $r=-0.565$ となった。このことは、協応学習が行われた速度一定段階で使用された速度に近いほど時間誤差も小さいことを示している。

ここで、ディビジョン10・ディビジョン12の結果と、実験4のボタン押し課題（PB課題）の結果とを比較してみる。Table 6-5にディビジョン1・10・12及びPB課題のS条件の結果とを合わせて示す。PB課題の結果は、恒常時間誤差の平均値12.26、角度にして約12.70degであり、ディビジョン10の恒常時間誤差の平均値は5.51、角度にして約3.60deg、ディビジョン12では10.06、角度にして約7.50degであった。Table 6-5からわかるように、PB課題よりもディビジョン10及び12の方が時間誤差が小さくなっている。課題に未知な被験者の場合、振り子衝突課題（PH課題）の方がPB課題よりも時間誤差が大きかった（実験4の結果を参照）。しかしながら、振り子衝突課題に既知、つまり移動音・行為協応学習を行った後では、ボタン押し課題よりも時間誤差が小さくなることを示している。

ボタン押し課題に比して複雑な振り子衝突課題であるにも関わらず、極めて高い正確さで課題を遂行することが可能となる。

速度一定段階の100試行を通じてどのような学習が成立したのだろうか。振り子衝突課題で求められる過程は、聴覚的情報から滑走球の接触点までの距離（あるいは時間）と、振り子の被験者から滑走路までの到達時間とを推定し、適切な時点で振り子をリリースすることである。前節で示したように、被験者は振り子と滑走球とのずれの具合を正確に推定していた。このような行為の結果の推定から、振り子が滑走球に到達するまでの時間を推定するようになったのであろう。そして振り子の到達時間を考慮し、適切な時点における聴覚的刺激と振り子をリリースするという行為との協応が学習されたと考えられる。その際、繰り返し滑走音にさらされることにより利用可能となる聴覚的情報が重要な役割を果たしていると思われる。一方、各ディビジョン単位で変動時間誤差の水位を見ると、有意な変化は認められなかった。このことは、ディビジョン単位では振り子をリリースする時点の変動は比較的安定しており、振り子のリリースするタイミングのばらつきは、試行を重ねることによる振り子衝突の正確性とは無関係であることを示している。換言すれば、振り子衝突課題に既知な被験者は、リリースのタイミングを安定させる聴覚的情報と、正確なタイミングを可能にする聴覚的情報という異なる2種の情報を利用していることが示唆されたといえる。

それらの内、第1は、音源の音響学的特性に関する知識である。先に示したように、ランダムな速度と時間誤差に相関が見られたことと、音響学的特性の既知性に関するColeman(1962)やGardner(1969)の先行研究の結果とを考え合わせると、正確に振り子をリリースするためには、滑走球の属性を特定する音響学的特性に関する知識が利用される必要があ

る。第2は、変化率という聴覚的情報である。仮に第2節で記述を試みたように、この情報が両耳間距離に対する割合に依存しているとするならば、この聴覚的情報は滑走路の属性を反映する知識の有無とは無関係である。なぜならば、この変化率情報が身体（両耳間距離）を基準としているからである。従って、この聴覚的情報が利用可能な時、振り子衝突の正確性とは無関係に変動のばらつきが規定される。しかしながら、これら2種類の聴覚的情報間の関係については本実験からは明確な知見は得られなかった。この問題については今後の課題として残される。

ところで、120試行を通じて時間誤差0すなわち振り子と滑走路との衝突は増加しているのだろうか。Table 6-7に、12ディビジョンを通した衝突回数の推移を示す。これからわかるように、試行を重ねるにつれて必ずしも衝突回数が増加しているわけではなく、回数には被験者間で差異が見られる。これは聴覚系が視覚系に比して空間解像度が低いことの反映と考えられる(Mills, 1958)。本実験の滑走路に関する両耳間相関係数を算出してはいないものの、滑走路への反響音を考慮すれば38mmの滑走路の位置を特定できるほど「鋭い」音像を知覚するのは困難であろう。このことを考え合わせると、10試行中半数以上で衝突させた被験者の成績には目を見張るものがある。

本課題では、音源の移動とそれを知覚している被験者の行為との協応を単純化した課題を用いた。自明の事であるが、この課題は日常生活においては行われることはほとんどない。しかし、静止した重度視覚障害者が移動する音源を聴取しながら行為を開始するタイミングを取ることにはよくあることであろう。移動する音源を捕獲するために上肢を伸ばしたり、移動する音源を回避したりすることは日常的である。衝突を回避するためには、確かに誤差が大きい方が合理的かもしれない。しかし、

正確に移動音源を定位し、その到来を正確に予期することが自己の行為を開始するためには最も望ましいことである。これらのような場面において、移動音源を手がかりにして正確に行為を行うタイミングを取るためには、移動音・行為協応の学習が必要であることを示したといえる。日常的に、移動している全ての音源の速度を利用して、行為協応学習を行うことは困難である。本実験から、少なくとも一定の速度で移動する音源に対する行為協応を学習することが、他の速度で移動する音源と行為との協応にも効果的であるといえる。

## 6. まとめ

本実験では、振り子衝突課題を用いて、移動音・行為協応学習の有無を検討した。同一の速度で滑走する鉄球に振り子を衝突させる課題を100試行行くと、滑走球と振り子との誤差は確実に減少した。このことは、繰り返し同一の滑走音を聴取することにより、移動音源を特定する音響学的特性に関する知識が獲得されたためと考えられる。また、100試行後、滑走球の速度をランダムにしその際の誤差の変化を検討した。その結果、速度が同一の場合よりは誤差は大きくなるものの、実験開始時の誤差よりは小さくなる傾向にあった。このことは、振り子を放つタイミングはある程度、速度変化に対応できることを示唆している。これらの結果より、次の事がいえるであろう。すなわち、①振り子と滑走球とを正確に衝突させるためには、音源に関する音響学的知識が必要であること、②完全な転移は生じないにせよ、一定の速度における移動音・行為協応学習は速度が変化しても、有用であることなどである。

Table 6-5 3 ディビジョン及びP B 課題における恒常時間誤差  
及び変動時間誤差の平均値[%] n=5

		DIV.1	DIV.10	DIV.12	P B
C E	m	19.47	5.51	10.06	12.26
	SD	7.59	2.00	1.15	4.08
V E	m	7.63	4.39	7.59	6.72
	SD	2.48	1.08	2.30	1.66

注. DIV.1: ディビジョン1

DIV.10: ディビジョン10

DIV.12: ディビジョン12

P B: ボタン押し課題

C E: 恒常時間誤差

V E: 変動時間誤差

m: 平均恒常距離誤差

SD: 標準偏差

Table 6-6 振り子と滑走球との衝突回数の推移

ディビジョン	被験者	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5
1		0	0	4	1	0
2		0	1	5	2	0
3		2	1	3	2	0
4		6	0	3	2	1
5		4	1	0	0	0
6		3	1	2	0	2
7		1	1	0	2	5
8		1	0	0	3	0
9		1	2	3	2	6
10		4	7	2	1	1
11		1	2	3	1	1
12		2	1	4	1	2



$$Y = -17.424 + 0.230X \quad r = 0.615$$

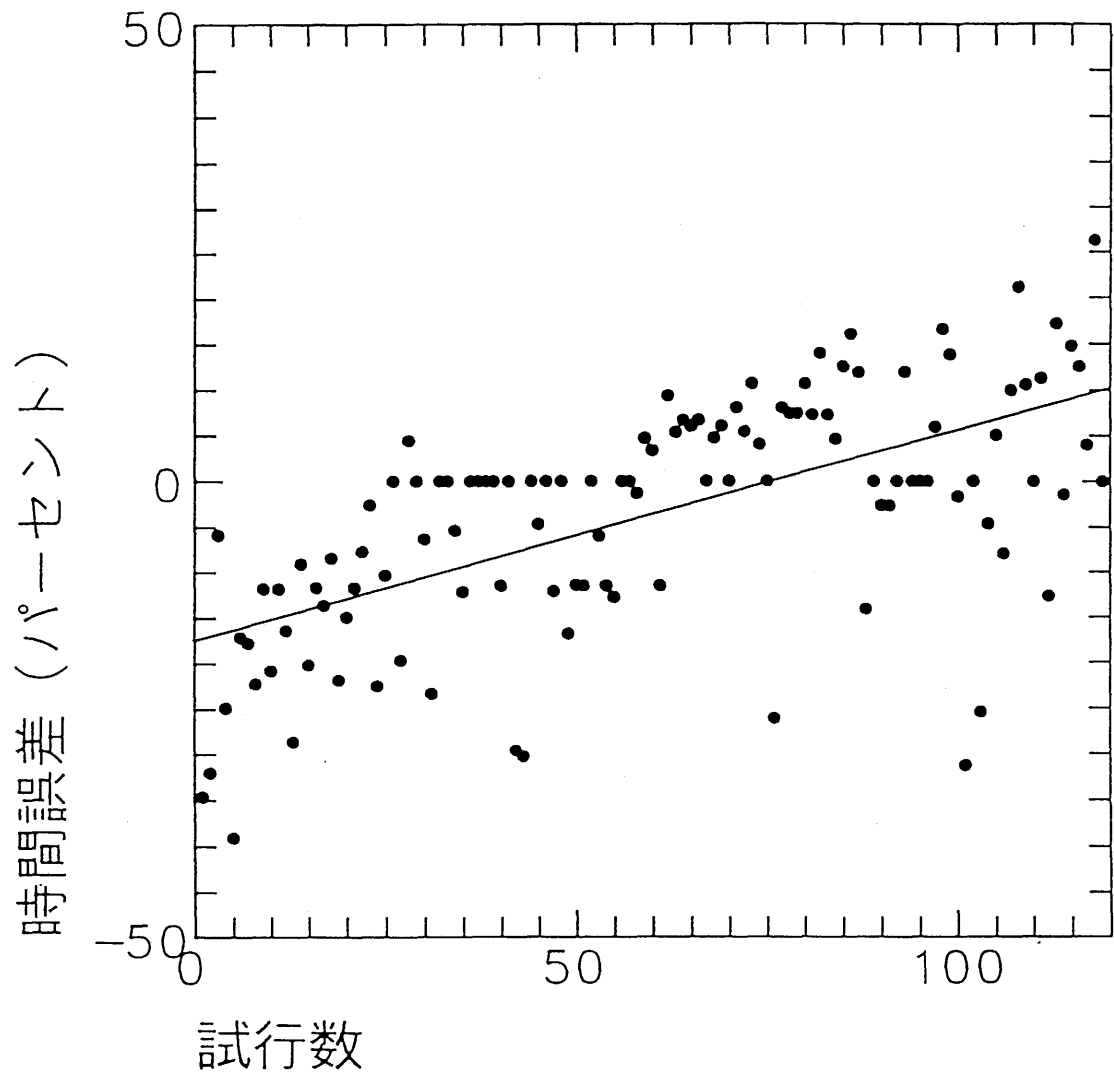


Figure 6-6 (a) 時間誤差の回帰分析 (B 1)

$$Y=13.494-0.060X \quad r=0.236$$

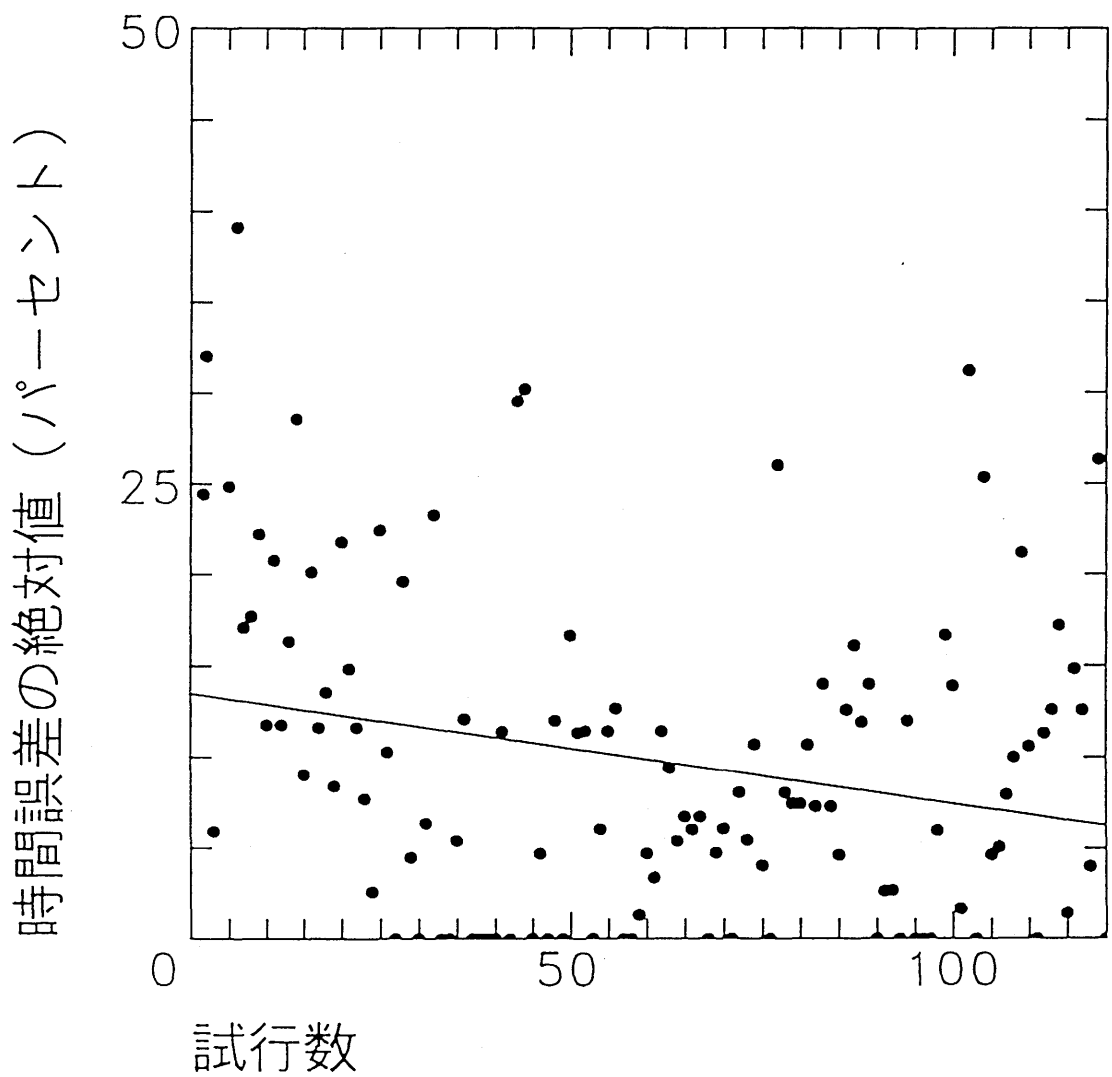


Figure 6-6 (b) 時間誤差の回帰分析 (B 1)

$$Y = -21.005 + 0.186X \quad r = 0.562$$

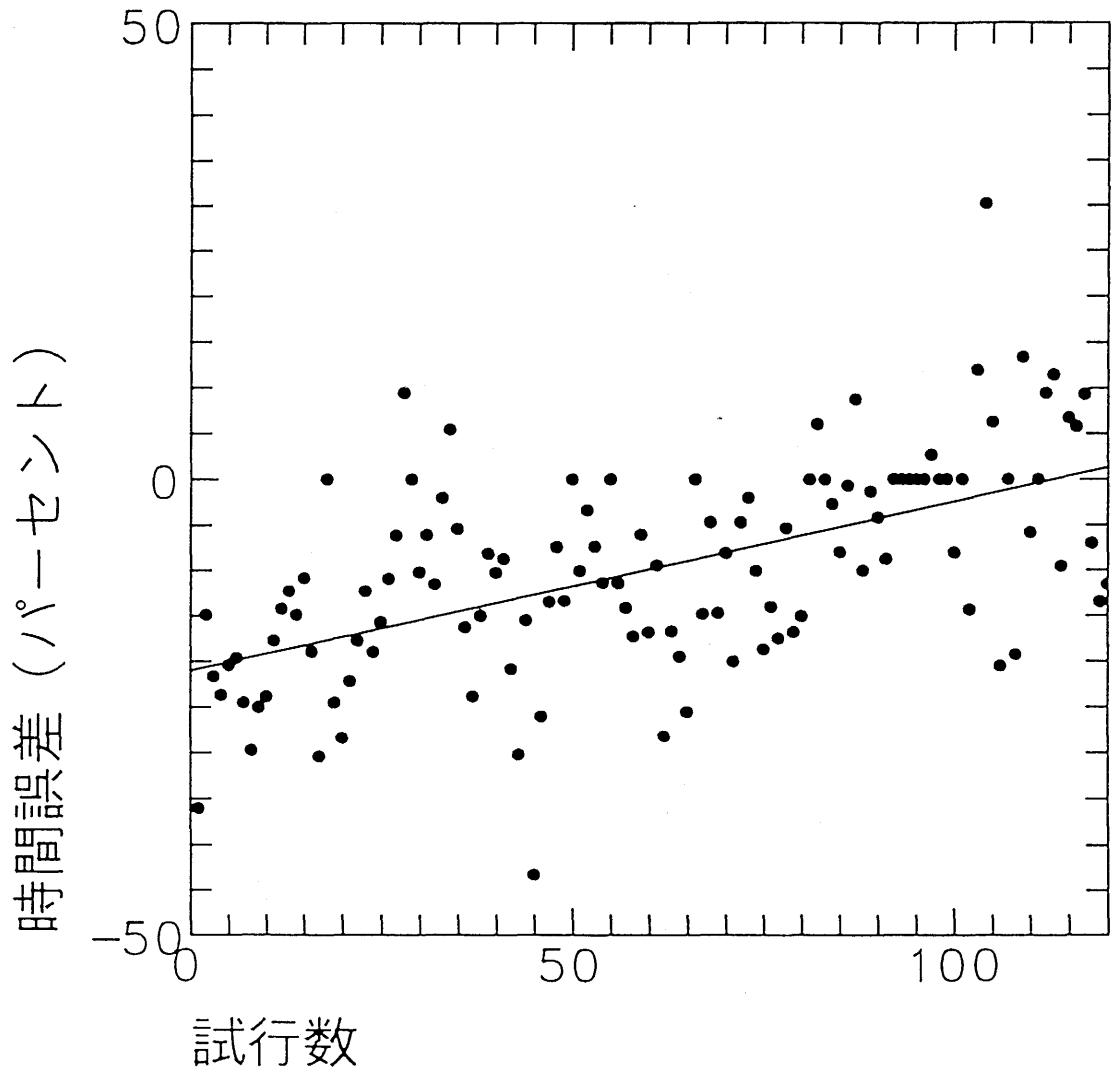


Figure 6-6 (c) 時間誤差の回帰分析 (B 2)

$$Y=19.005-0.115X \quad r=0.443$$

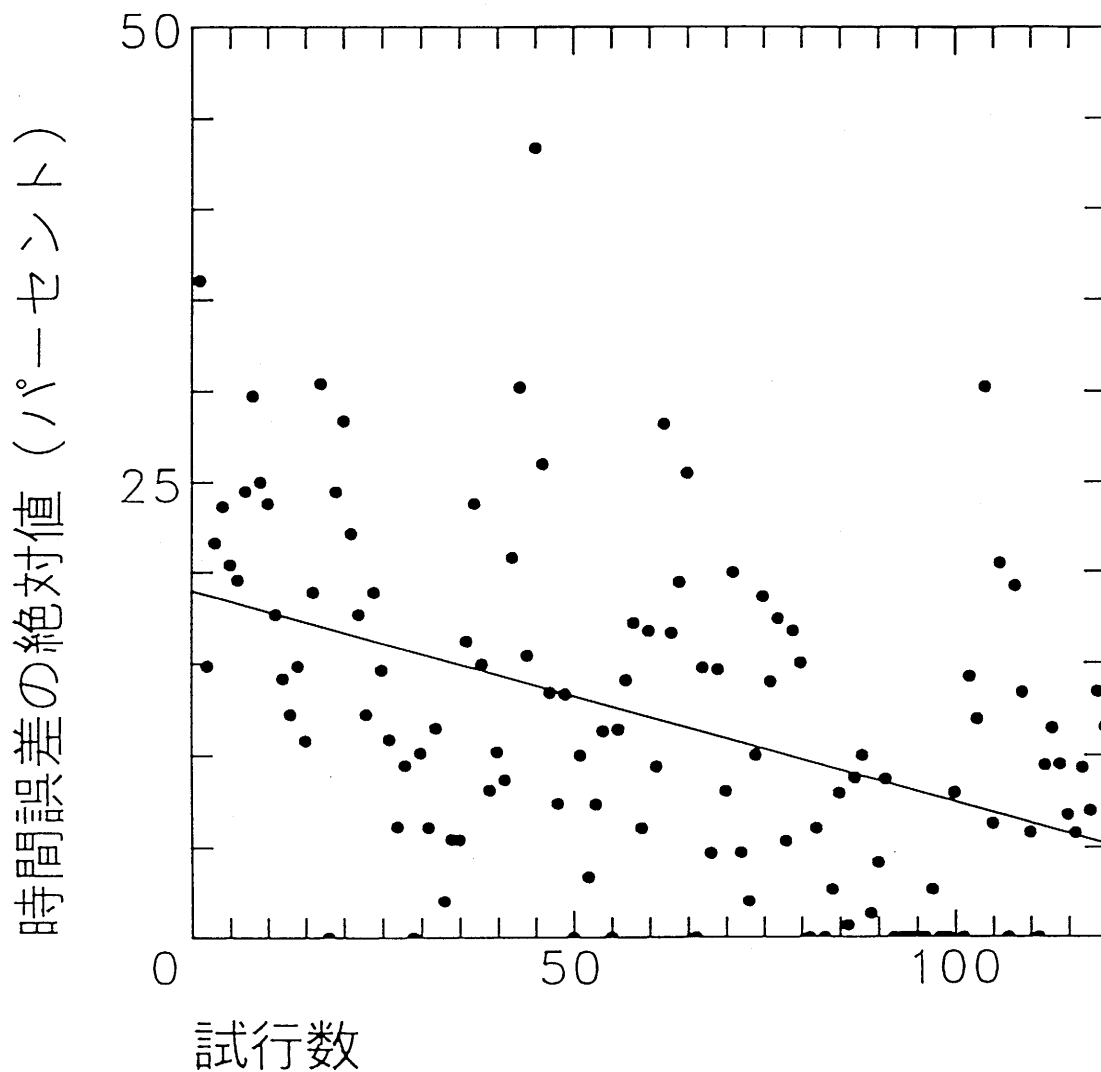


Figure 6-6(d) 時間誤差の回帰分析 (B 2)

$$Y=9.508-0.119 X \quad r=0.391$$

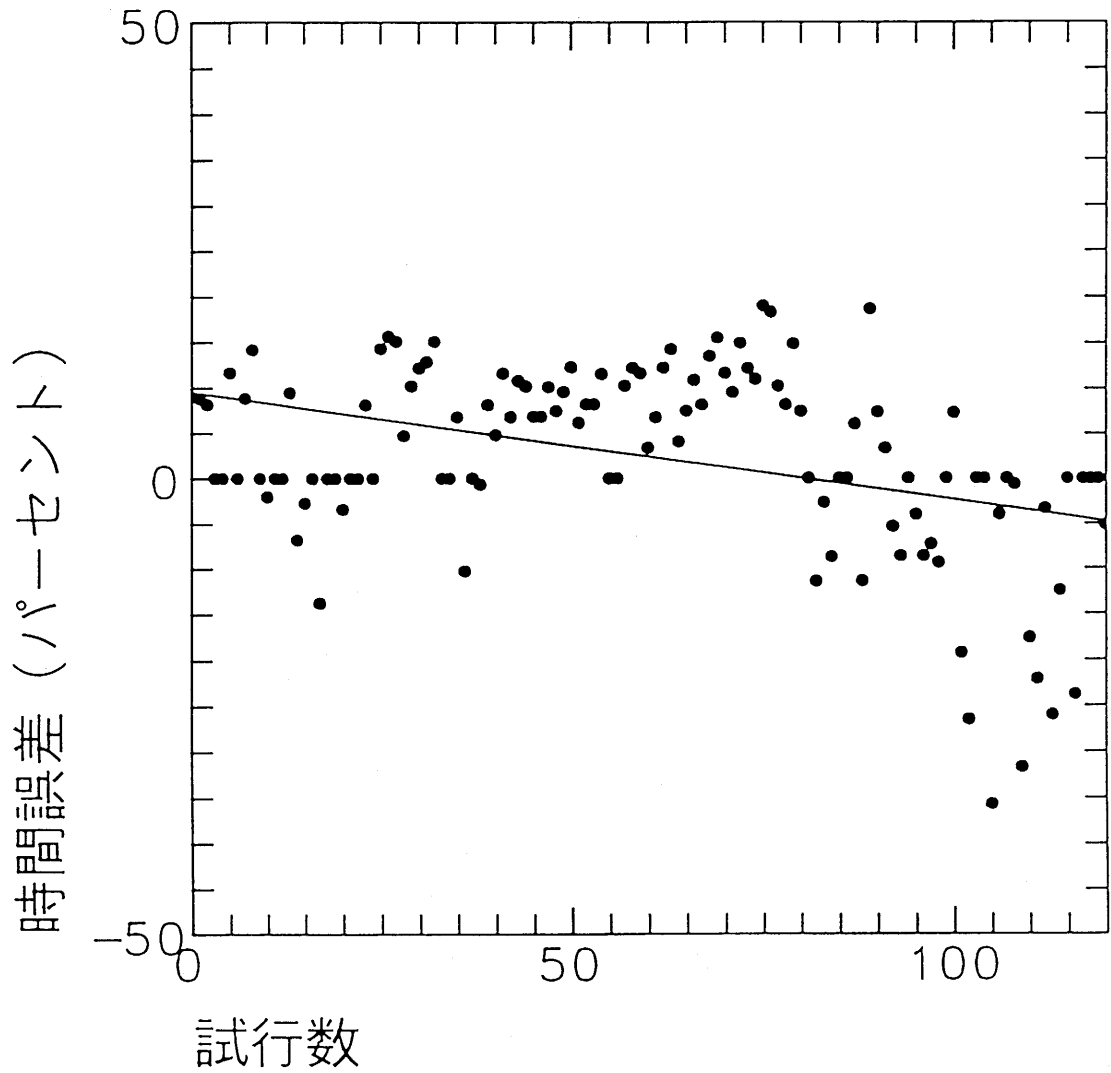


Figure 6-6(e) 時間誤差の回帰分析 (B 3)

$$Y=5.304+0.046 X \quad r=0.224$$

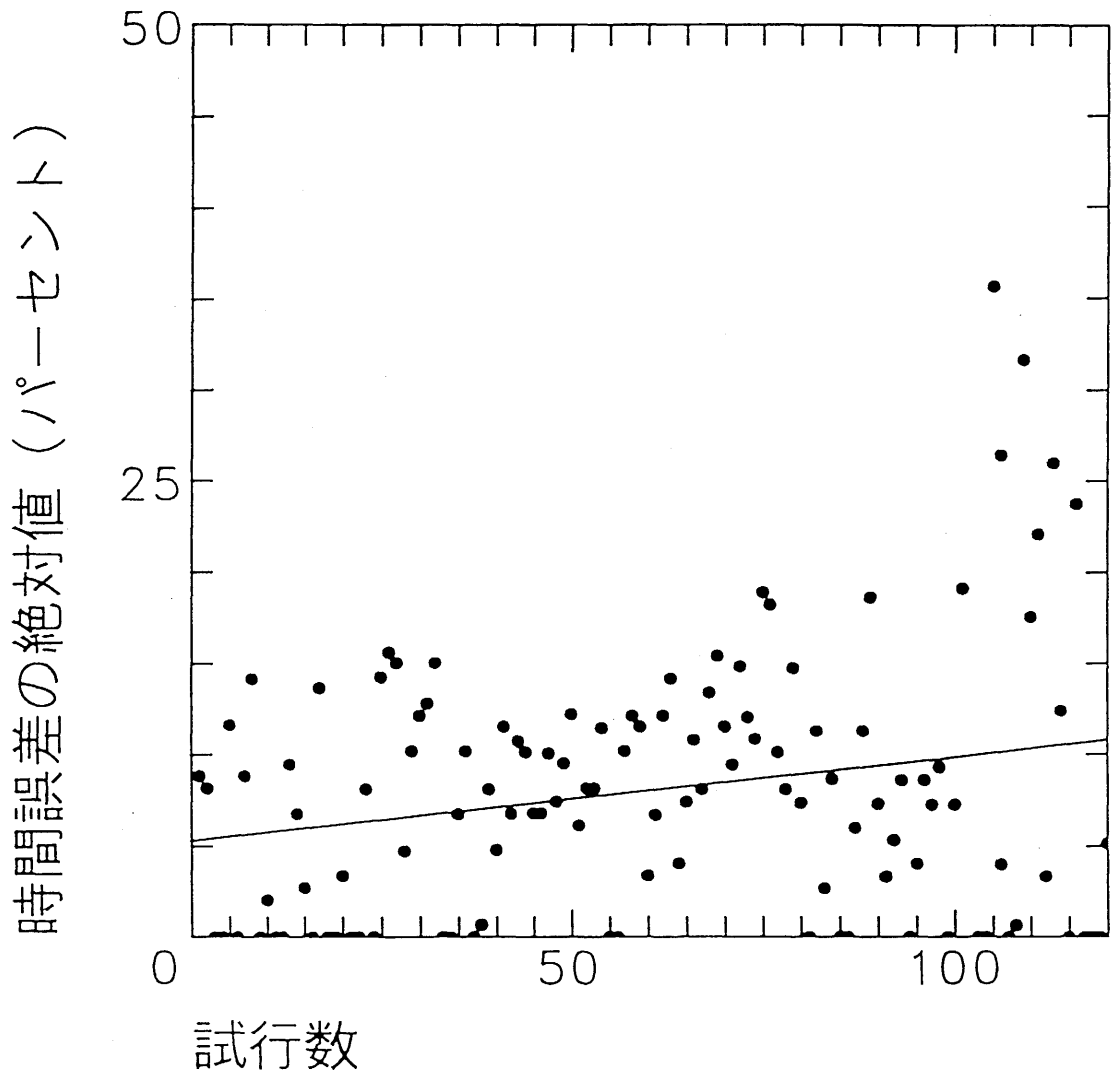


Figure 6-6(f) 時間誤差の回帰分析 (B3)

$$Y=11.769-0.168X \quad r=0.419$$

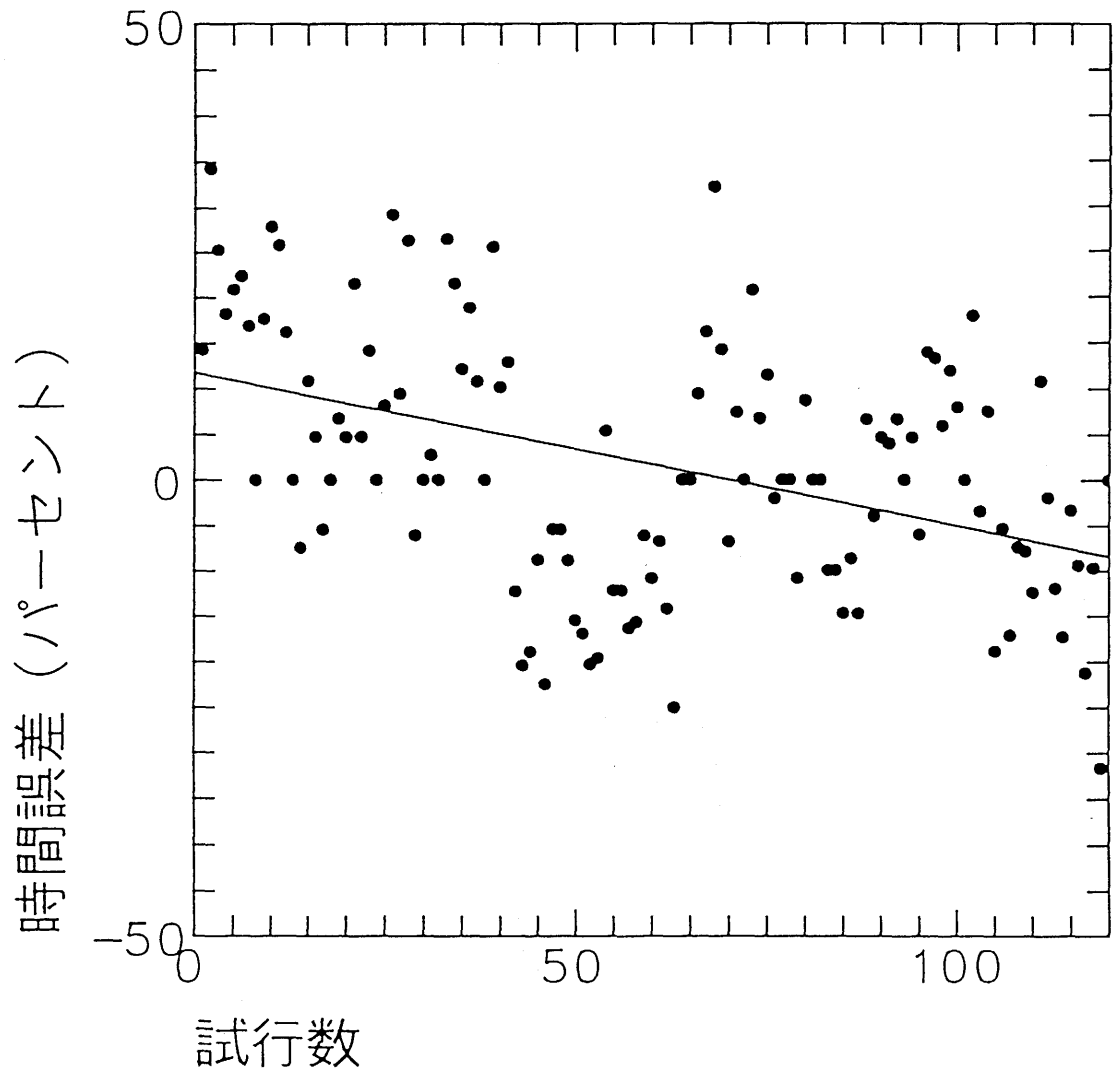


Figure 6-6 (g) 時間誤差の回帰分析 (B4)

$$Y=5.104+0.051X \quad r=0.304$$

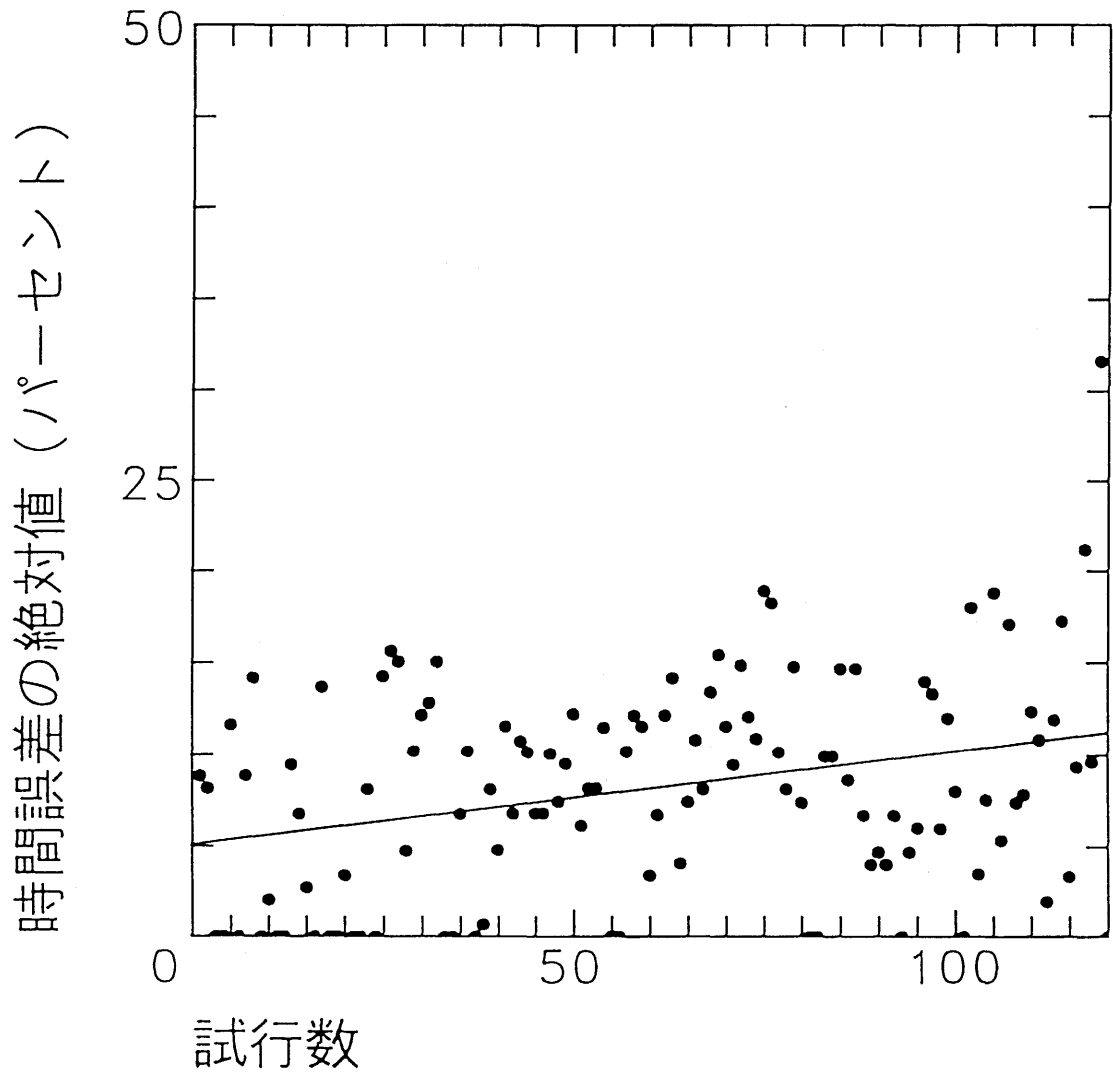


Figure 6-6(h) 時間誤差の回帰分析 (B 4)



$$Y = -16.885 + 0.178X \quad r = 0.368$$

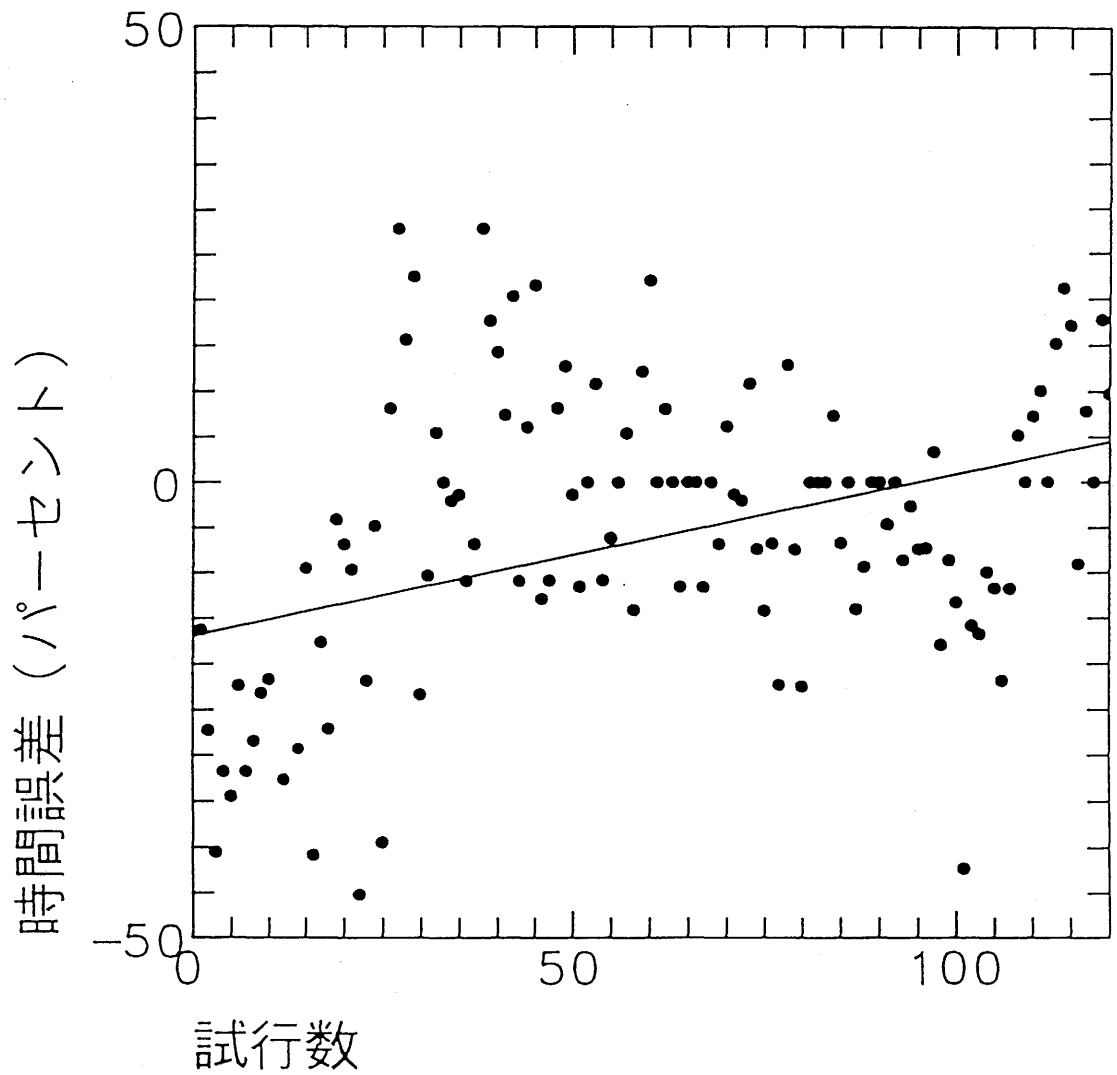


Figure 6-6 (i) 時間誤差の回帰分析 (B 5)

$$Y=22.697-0.156X \quad r=0.455$$

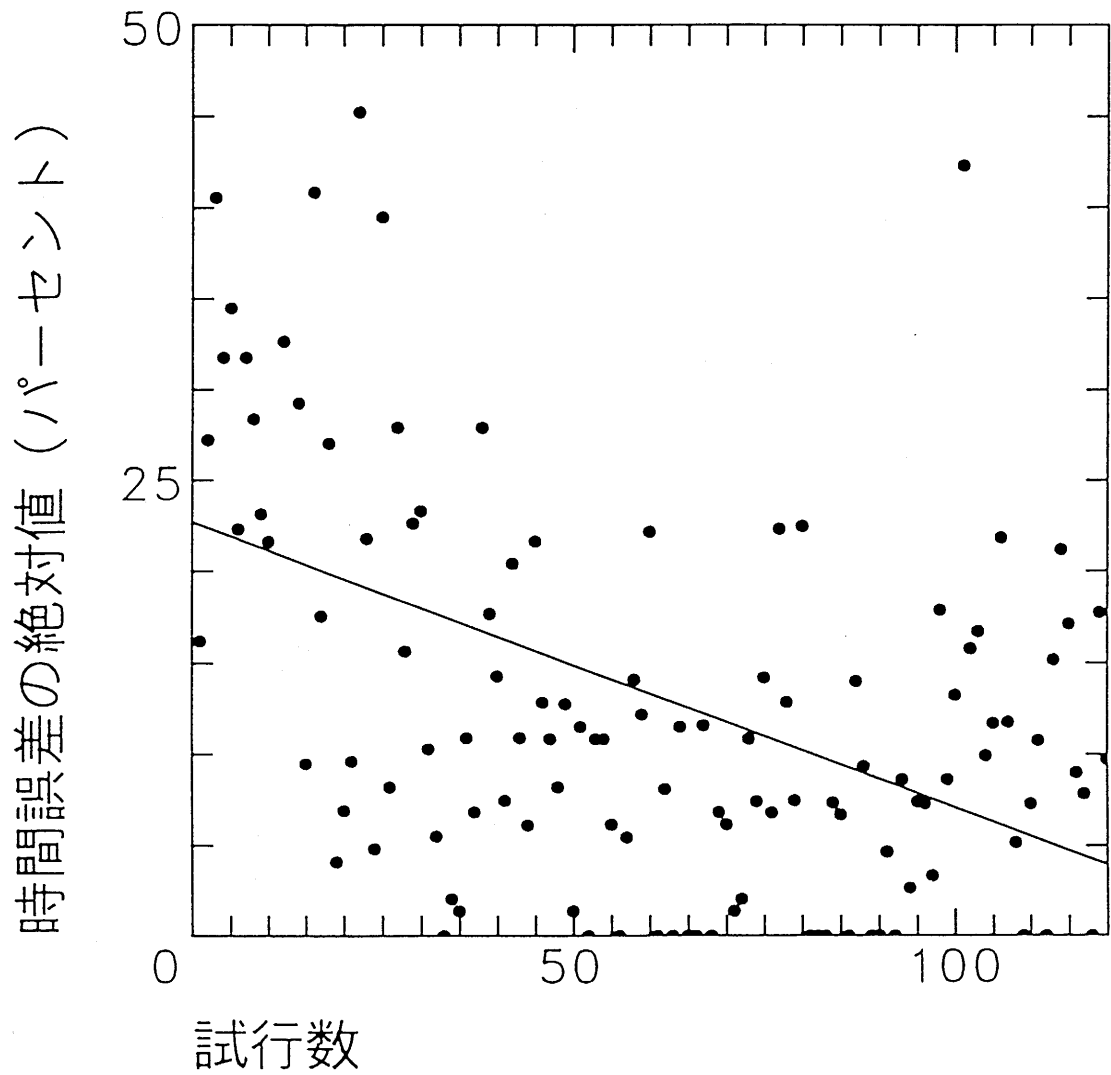


Figure 6-6 (j) 時間誤差の回帰分析 (B 5)

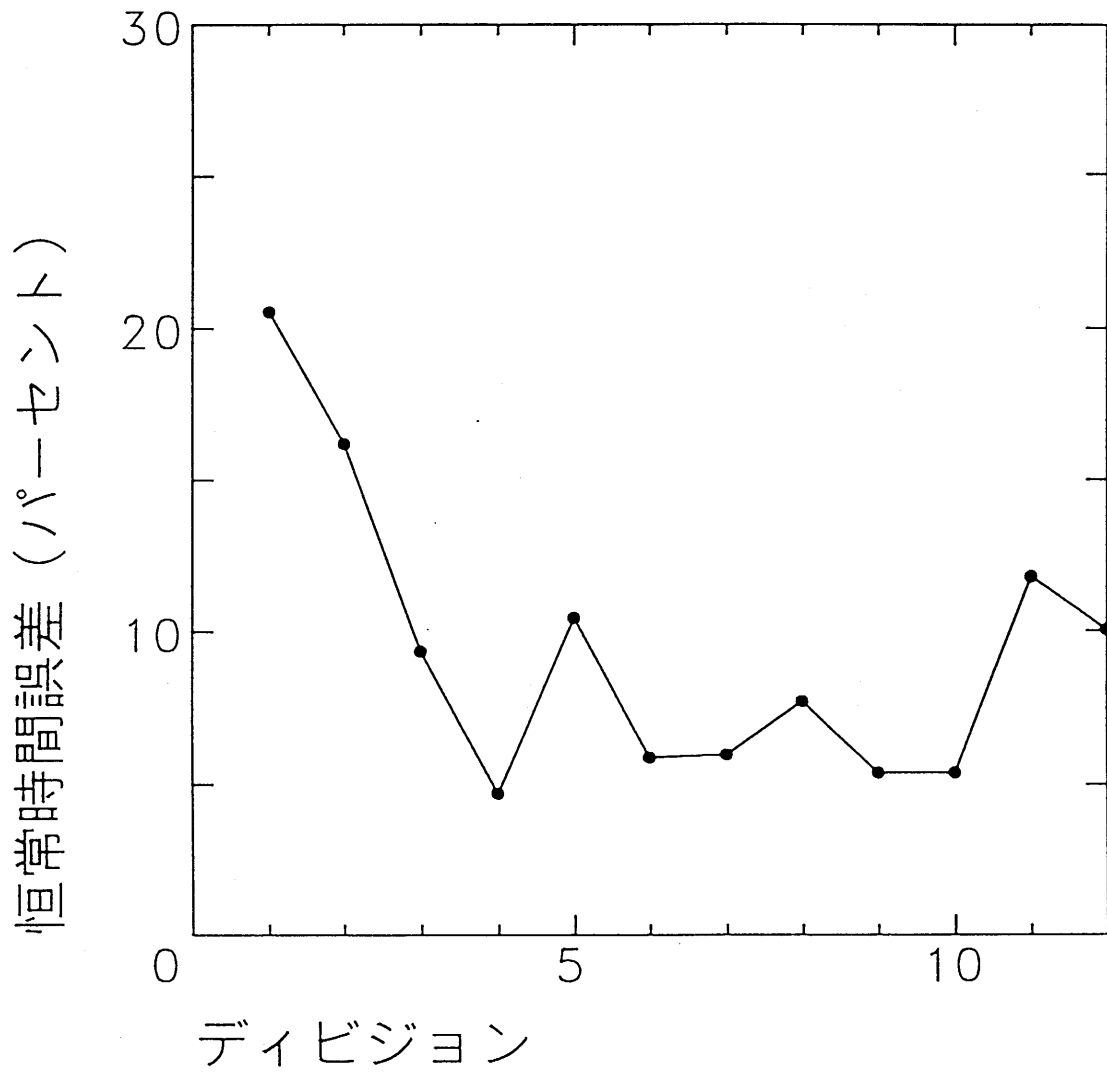


Figure 6-7 (a) 1 2 ディビジョンの恒常時間誤差 (B 1)

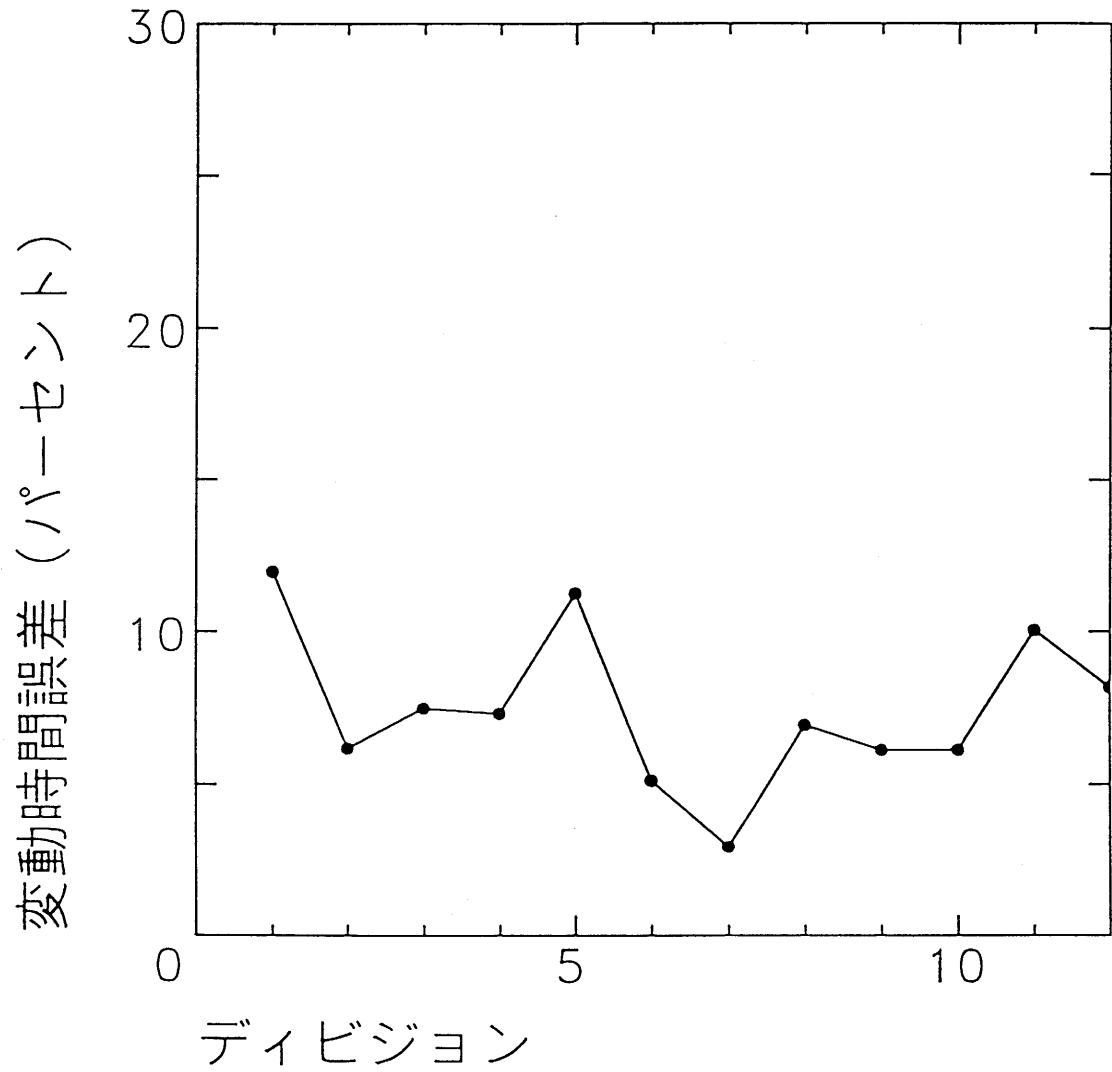


Figure 6-7 (b) 1 2 ディビジョンの変動時間誤差 (B 1)

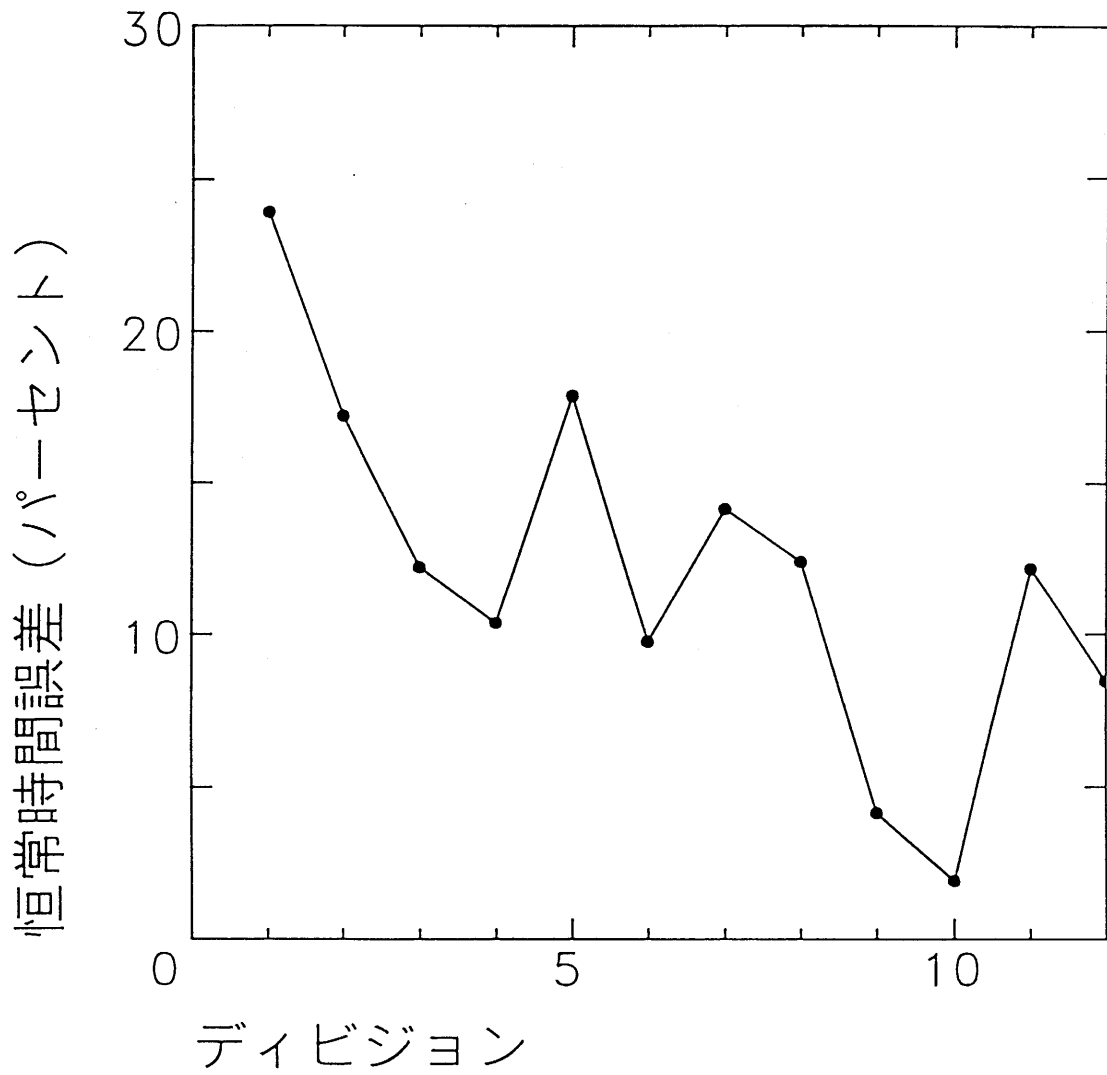


Figure 6-7 (c) 1 2 ディビジョンの恒常時間誤差 (B 2)

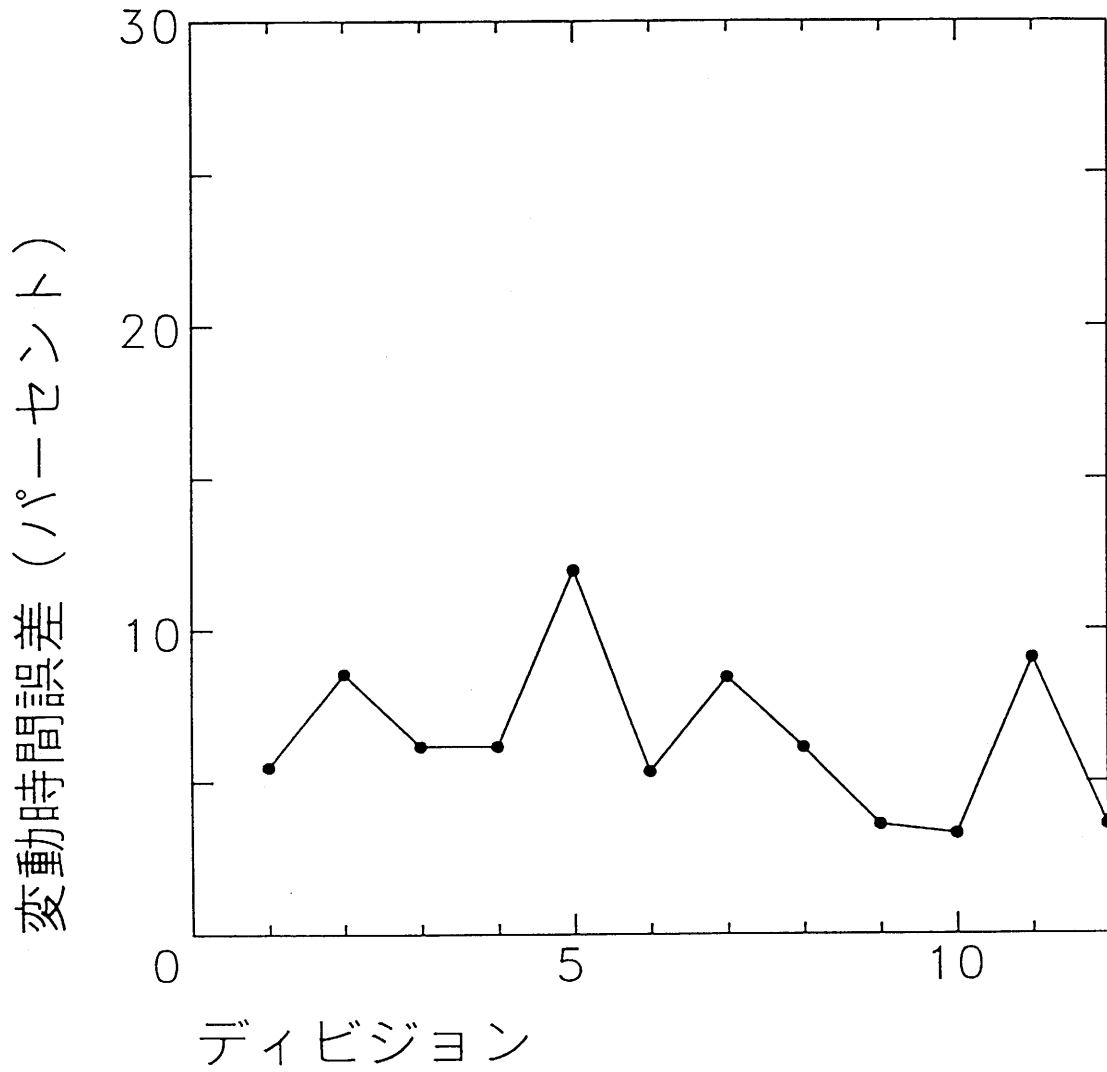


Figure 6-7(d) 1 2 ディビジョンの変動時間誤差 (B 2)

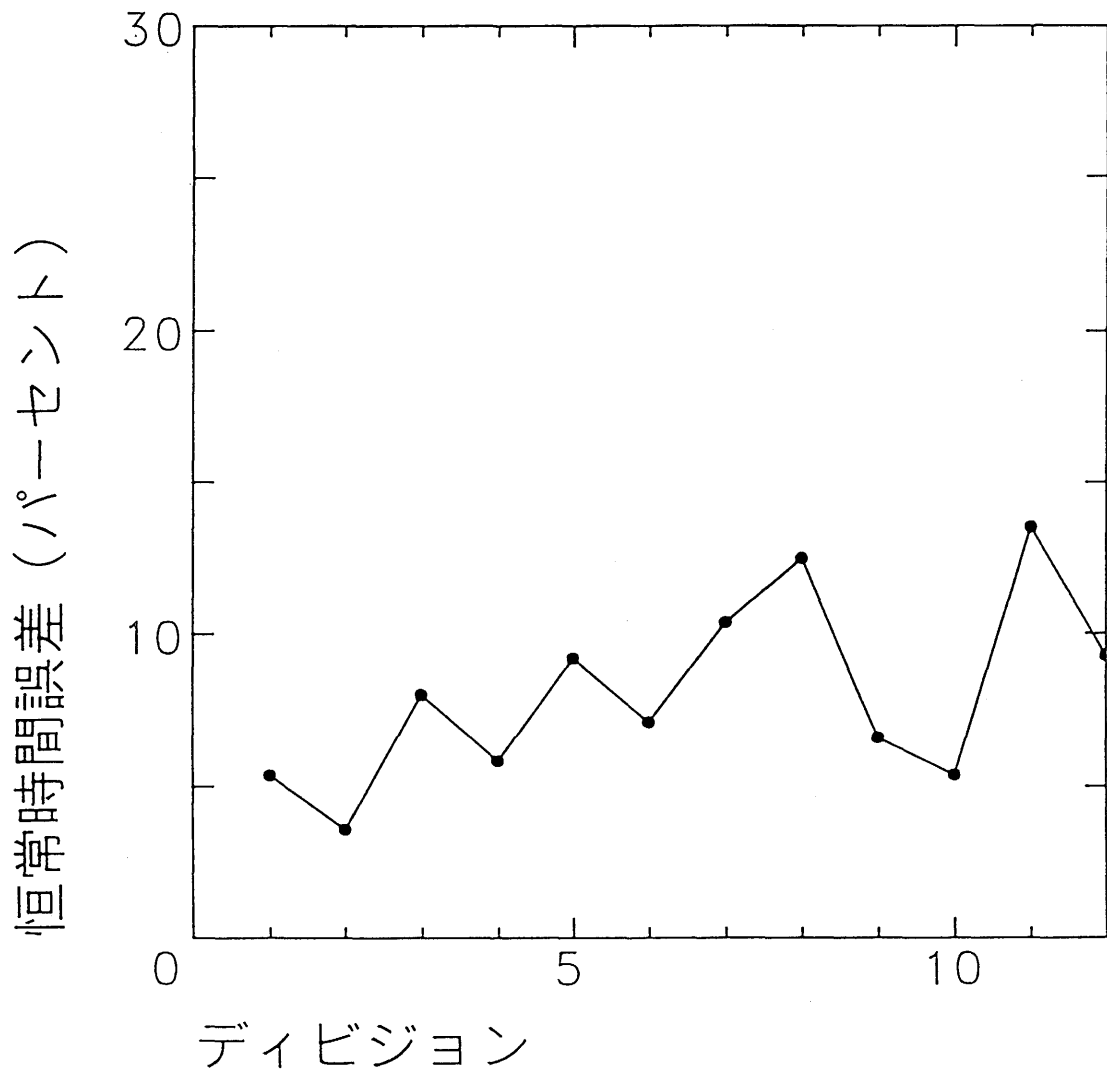


Figure 6-7 (e) 1 2 ディビジョンの恒常時間誤差 (B 3)

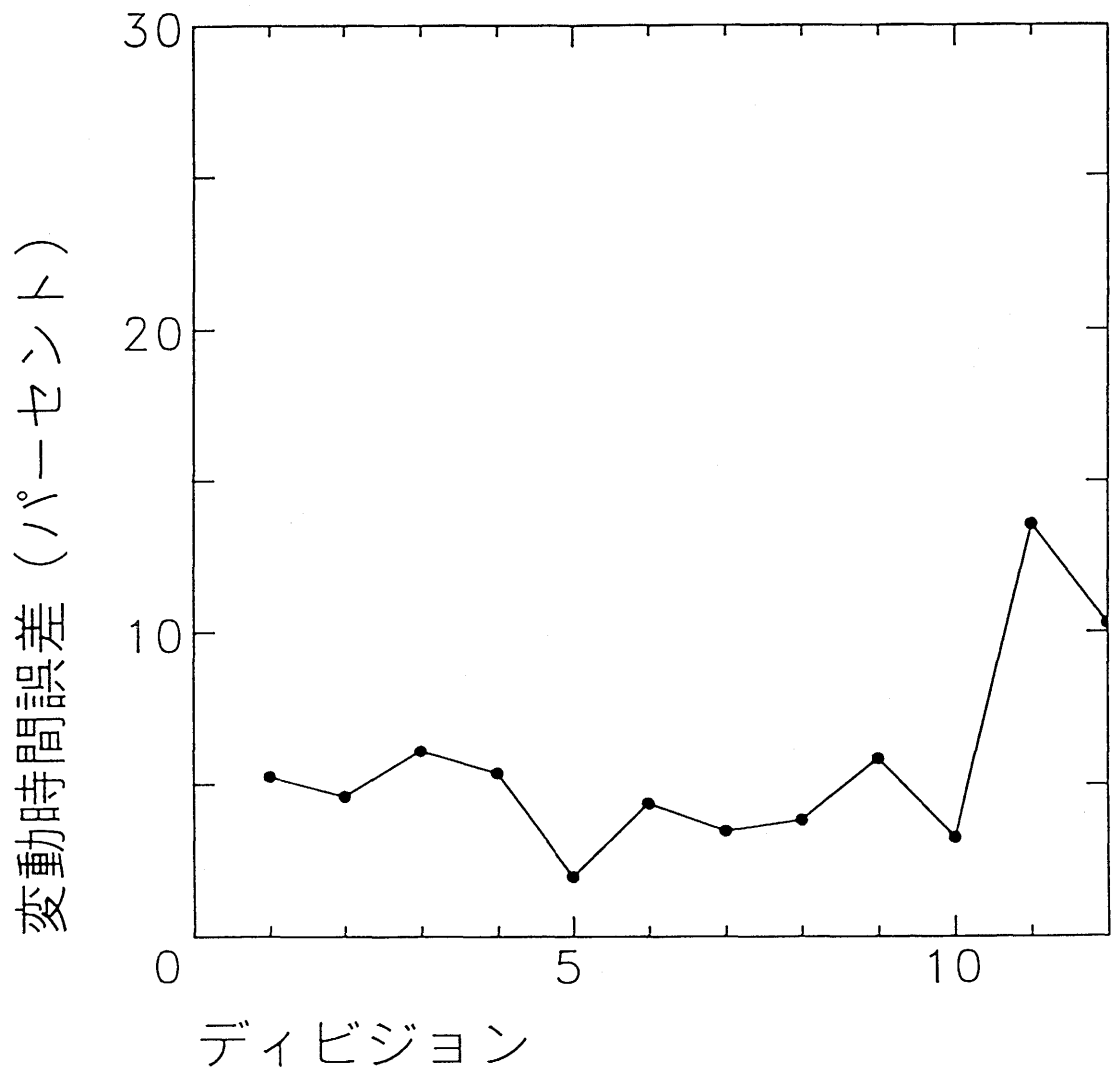


Figure 6-7(f) 1 2 ディビジョンの変動時間誤差 (B 3)



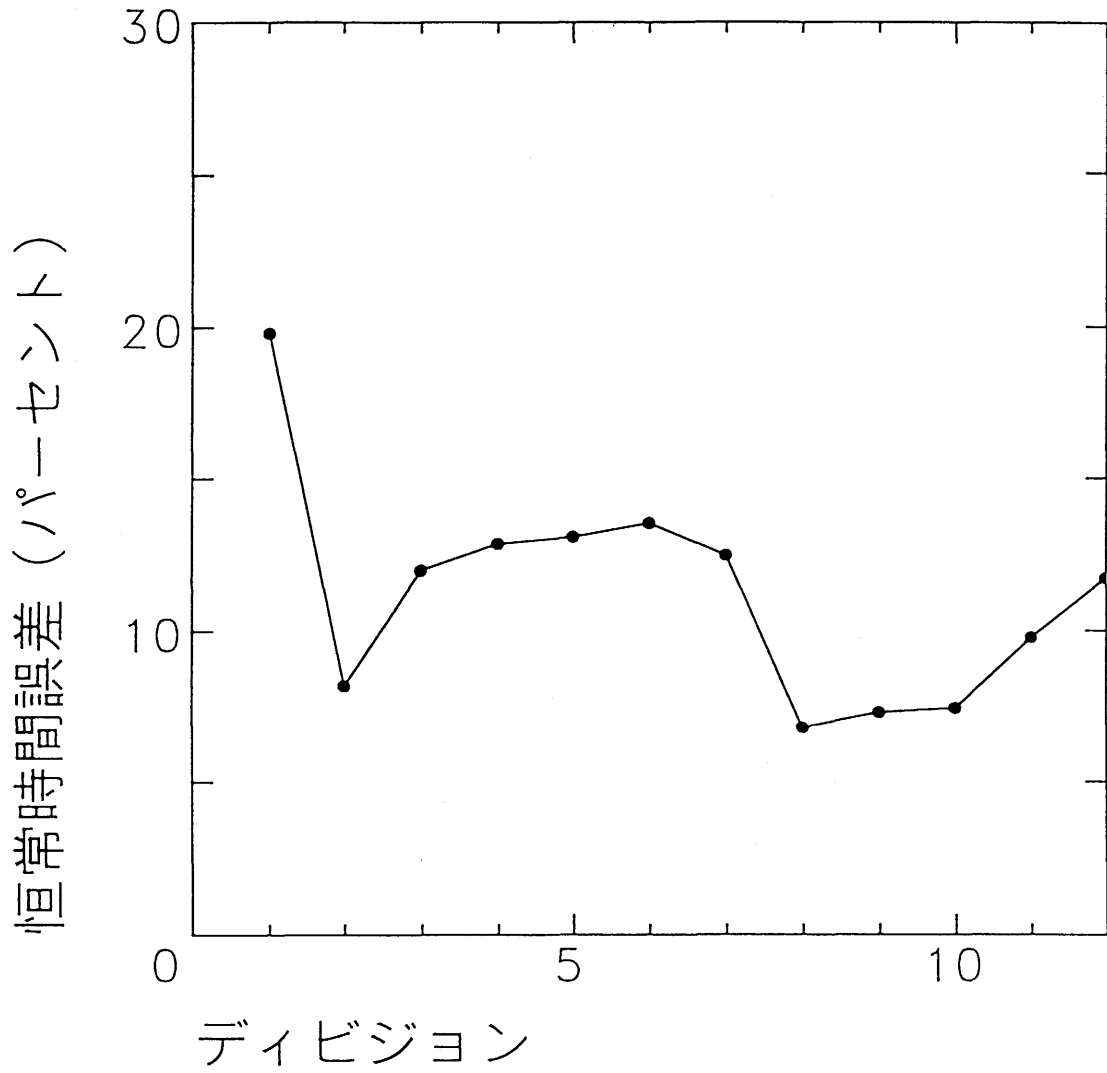


Figure 6-7 (g) 1 2 ディビジョンの恒常時間誤差 (B 4)

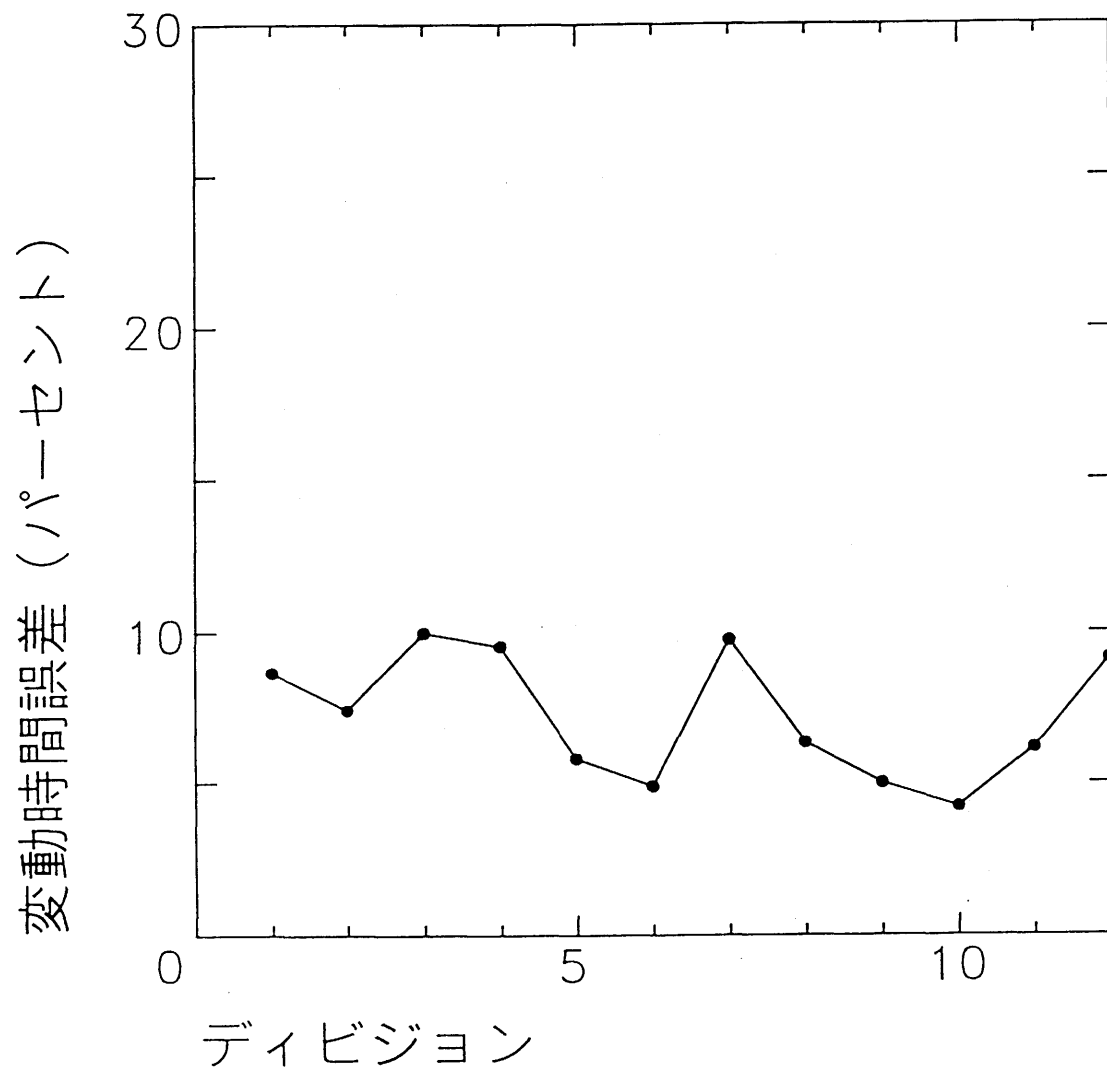


Figure 6-7 (h) 1 2 ディビジョンの変動時間誤差 (B 4)

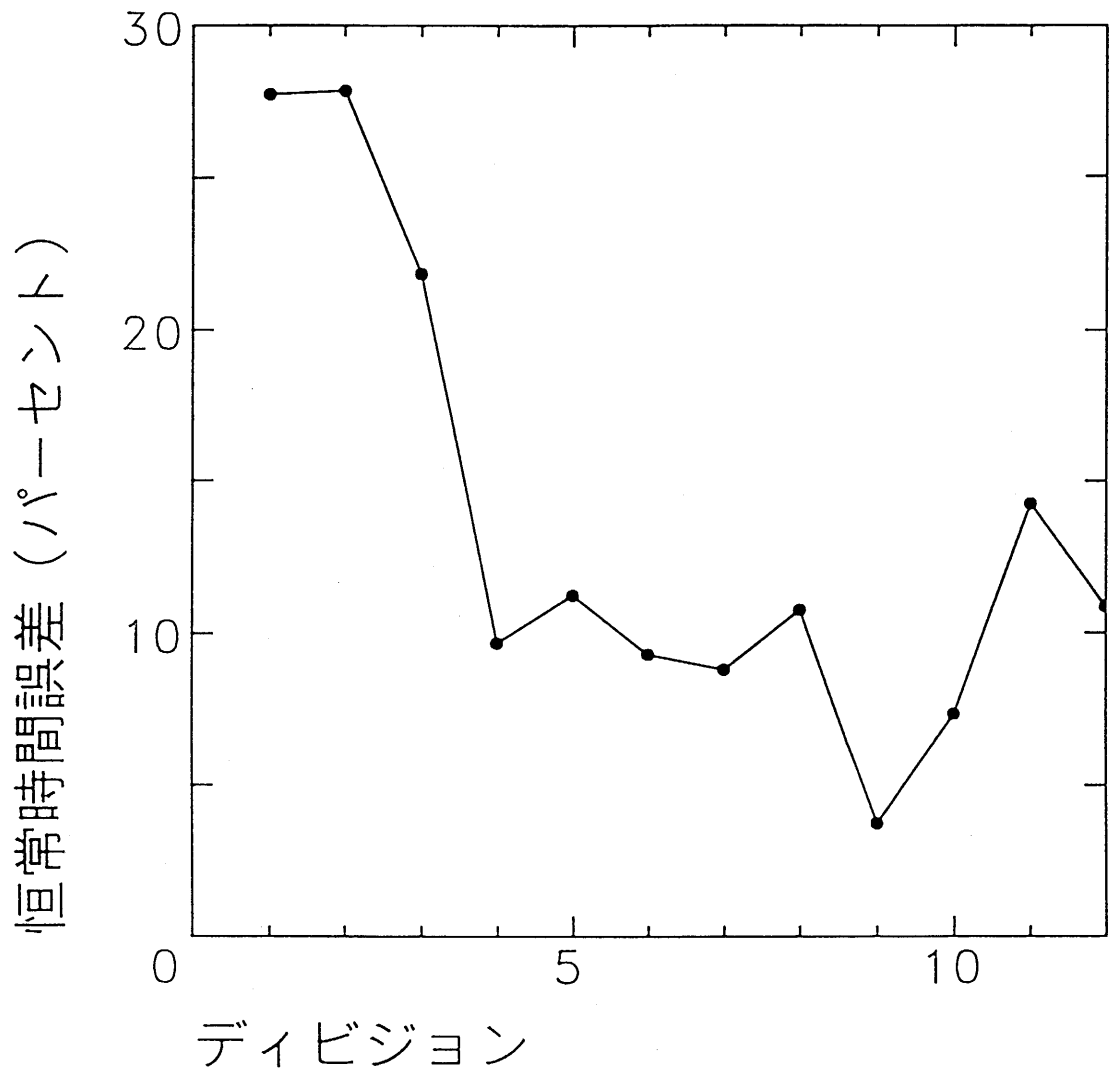


Figure 6-7 (i) 1 2 ディビジョンの恒常時間誤差 (B 5)

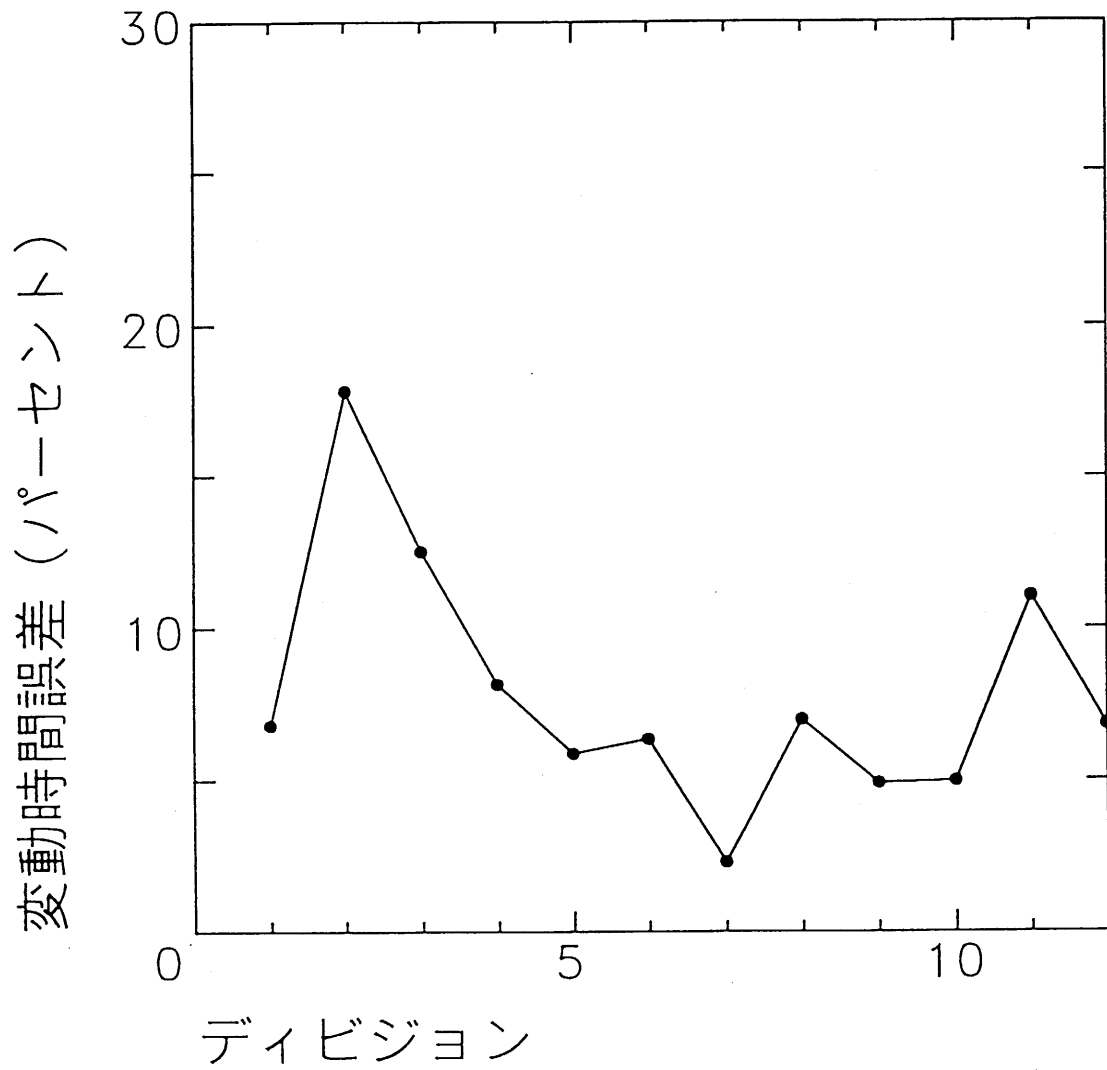


Figure 6-7 (j) 1 2 ディビジョンの変動時間誤差 (B 5)

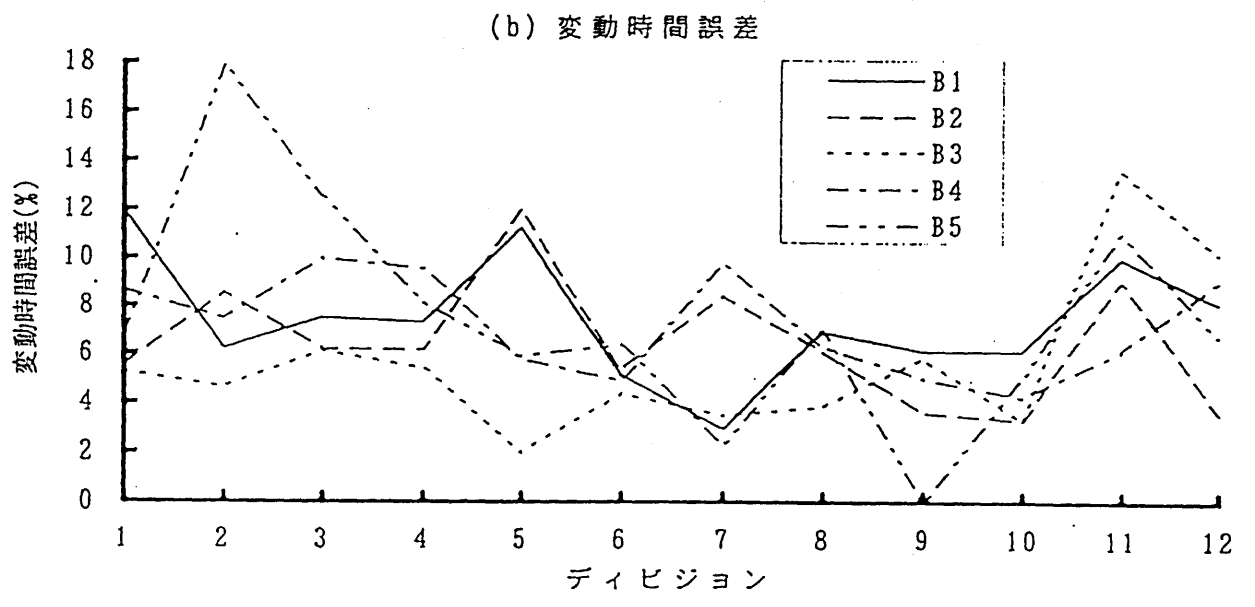
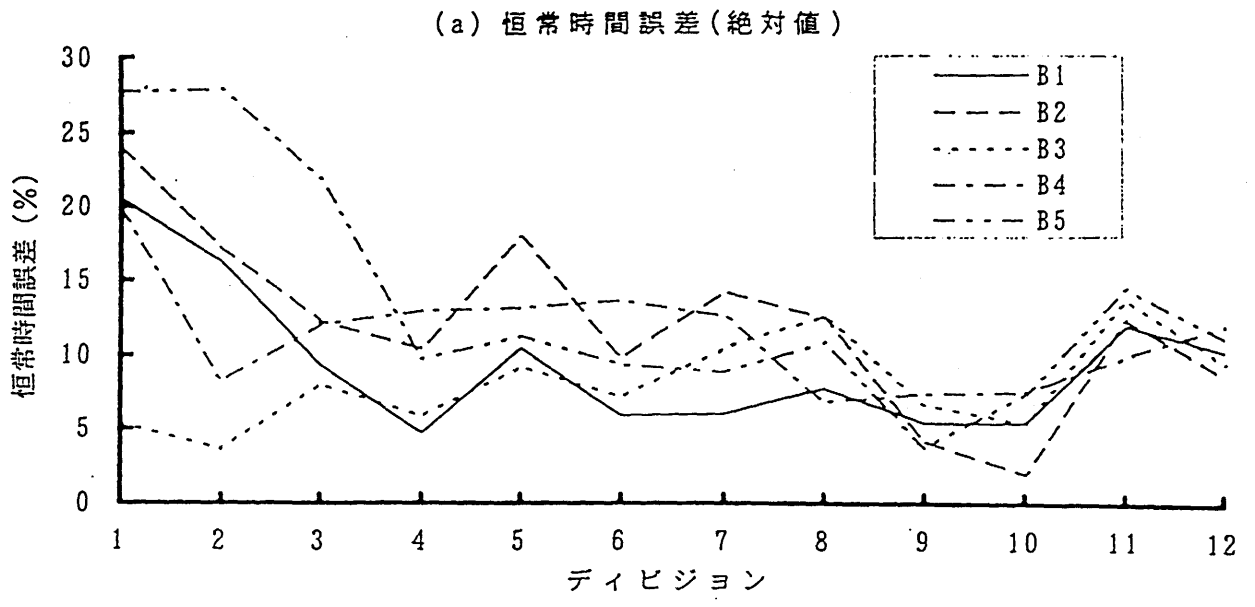


Figure 6-8 12ディビジョン間の時間誤差の変容

(a) 恒常時間誤差 (絶対値)

(b) 変動時間誤差

## 第 7 章

### 総合討論

## 第 1 節

聴知覚的情報と歩行の正確性・空間  
知識の正確性との  
関連性に関する事例的検討

## 1. はじめに

本章では、これまでの実験で得られた知見を総合的に討論する。まず、本節では目的歩行実験の結果と他の聴知覚実験の結果とを関連づけることを試みる。そのために、事例的検討を行う。

## 2. 事例

本節で取り上げる事例について説明する。Table 7-1に、総合的分析の対象となった重度視覚障害者を示す。3名とも後天性の重度視覚障害者であった。また、3名共に現在あるいは過去に盲人野球・フロアーバレーなどの重度視覚障害者向けのスポーツ経験を有しており、3名共に白杖による単独歩行が可能であった。ただし、Sub.3>Sub.1>Sub.2の順に白杖単独歩行期間が長くなっていた。彼らには視覚障害以外の障害は認められなかった。

## 3. 各実験における結果

まず、目的歩行実験（実験1）における結果を概観する。Table 7-2及びTable 7-3に、言語化課題及び目的歩行説明課題における発話の分布を示す。発話の比率が大きい順に列挙する。

言語化課題では、

Sub.1: 「対象物」 > 「大地」 > 「非対象」 > 「面」 > 「人」

Sub.2: 「大地」 > 「対象物」 = 「非対象」 > 「面」 > 「人」

Sub.3: 「対象物」 > 「非対象」 > 「大地」 > 「面」 > 「人」

目的歩行説明課題では、

Sub.1: 「大地」 > 「対象物」 > 「面」 > 「非対象」 > 「人」

Sub.2: 「大地」 > 「対象物」 > 「非対象」 > 「面」 = 「人」



Sub.3:「対象物」>「面」>「大地」>「人」>「非対象」

3名の主要な特徴を記すと、Sub.1の場合、言語化課題よりも目的歩行説明課題の方が増加したカテゴリーは「面」及び「大地」であり、減少したカテゴリーは「非対象」・「人」であった。

Sub.2の場合、言語化課題では「面」の比率が約20%であったのが、目的歩行説明課題になると3%へと減少していた。同様に「人」も目的歩行説明課題の方が減少していた。

Sub.3の場合、目的歩行説明課題の方が言語化課題よりも「非対象」のしめる比率が減少し、逆に「面」の割合が増加していた。

「面」に含まれる発話は言語化課題では「人」に次いで少ないが、目的歩行説明課題ではSub.1とSub.3で増加しており、Sub.2では逆に低下していた。このことは、Sub.1及びSub.3では「面」に関する情報が相対的に多く想起されていることを意味する。一方、Sub.2は歩行中には「面」に関する情報が取り出されていても、それが他に比して相対的に想起されなかったことを意味している。

Table 7-4に、目的歩行課題中のエラー数を示す。Sub.3・Sub.1・Sub.2の順にエラーが少なかった。Sub.1及びSub.2に共通してエラーが見られた転回点は、T1とT4であった。Sub.3はT8のみのエラーであった。

Table 7-5に、方向定位課題の結果を示す。出発点の方向定位が正確だった順に列挙すると、Sub.3・Sub.2・Sub.1となった。

次に、聴覚的知覚実験の内、転回点の聴覚的知覚実験（実験3）の結果を見ることにする。Table 7-6に、恒常距離誤差の絶対値を示す。また、Table 7-7に符号付きの恒常距離誤差を示す。頭部の角度及び音源の条件を一括し、距離条件ごとに恒常距離誤差の平均値を各被験者について求めた。得られた値を基に誤差が小さい順に被験者を列挙してみると、下

のようになる。なお、( )内は平均恒常距離誤差を示す。

#### 恒常距離誤差の絶対値

[0.3m]

Sub.3(0.51) < Sub.1(0.82) < Sub.2(1.33)

[0.9m]

Sub.3(0.90) < Sub.2(1.28) < Sub.1(1.29)

[1.5m]

Sub.3(0.92) < Sub.1(1.15) < Sub.2(1.48)

#### 符号付き恒常距離誤差

[0.3m]

Sub.3(0.44) < Sub.1(0.73) < Sub.2(1.33)

[0.9m]

Sub.3(0.58) < Sub.2(1.21) < Sub.1(1.27)

[1.5m]

Sub.3(0.79) < Sub.1(1.10) < Sub.2(1.45)

これらの値を見ると、全ての距離においてSub.3が最も誤差が小さい。Sub.1は、0.9m条件を除いて2番目に小さい誤差を示している。ただし、0.9m条件においてもSub.2とほとんど差異が見られない。Sub.2は0.9m条件を除いて最も誤差が大きくなっている。

最後に、聴覚的実験の内、移動音源定位及び移動音・行為協応の正確さについて見ることにする。Table 7-8に、ボタン押し課題及び振り子衝突課題の恒常時間誤差と変動時間誤差とを示す。ボタン押し課題では

Sub.1の恒常時間誤差が小さいが、振り子衝突課題ではSub.3が最も小さい。両課題における恒常時間誤差が最も大きいのは、Sub.2であった。

#### 4. 考察

予備調査及び目的歩行実験（実験1・2）から、目的歩行に利用されている聴覚的情報の候補として、壁面の存在とその断絶に関する情報、及び音源の移動を特定する情報であることを示唆した。この示唆を実験室的に支持するために、転回点の聴覚的知覚と、移動音源知覚の実験を実施した。前項の結果から、目的歩行中の転回点T1におけるエラーが認められた被験者(Sub.1, Sub.2)は、転回点の聴覚的知覚実験における恒常距離誤差がSub.3よりも大きかった。また、目的歩行全体のエラー数を比較しても、Sub.3に比して前者2名のエラー数は多かった。

目的歩行実験における「面」の占める発話の割合は、言語化課題に関する限りSub.3よりもSub.1やSub.2の方が大きかった。ところが、目的歩行説明課題の結果は、Sub.3の「面」が占める発話の割合が他の2名よりも大きいことを示していた。

移動音源定位に関する実験の結果から、ボタン押し課題と振り子衝突課題の恒常時間誤差の最も小さかった被験者は、Sub.1とSub.3であった。しかし、彼らの時間誤差にはあまり差異がみられず類似した成績を示した。

上記の結果をまとめると、「面」の発話率・エラー数・角度誤差・恒常距離誤差・恒常時間誤差の成績が全般的に優れていたのはSub.1とSub.3であり、最も成績が低かったのはSub.2であった。このことは、目的歩行の成績・方向定位の正確性・転回点の聴覚的知覚の正確性・移動音源定位及び移動音・行為協応の正確性との間に関連があることを示し

ている。つまり、彼らに関する限り、聴覚的情報を取り出すことが目的歩行を可能にしたといえる。

3名のプロフィールを見ると、失明時期は類似しており、10代前半であった。しかしながら、彼らは単独白杖歩行期間を異にしていた。単独白杖歩行期間が最も短いのはSub.2であった。この白杖による歩行期間と実験の結果とは符合する。つまり、白杖による歩行期間が最も短いSub.2は、実験の成績が最も低かった。一方、最も白杖歩行期間が長いSub.3は実験結果も優れていた。

このような関連性は興味深い示唆を提供すると言える。後天性の重度視覚障害者であったとしても、白杖歩行経験が長くなると、聴覚的情報を有効に取り出すことが可能となる。その結果、目的歩行の正確性が向上する。あるいは、非視覚的環境下における身体の移動が聴覚的情報を取り出すことを可能にし、その結果として、目的歩行が正確になったとも考えられる。Strelow(1985)も述べているように、目的歩行においては、モビリティとオリエンテーションは相互連関的である。現段階では、聴覚的情報を取り出すことが目的歩行の正確性を向上させたのか、あるいは身体移動が聴覚的情報を取り出すことを可能にし、結果的に目的歩行が正確になったのかを因果的に解明することはできなかった。ここで言えることは、ある種の聴覚的情報が、目的歩行の正確性と関連しているということである。

Table 7-1 対象とされた3名のプロフィール

被験者	性	失明時期(歳)	視力	年齢	歩行手段	備考
Sub.1	男	後天(3)	0	18歳	白杖10年	野球
Sub.2	男	後天(13)	0	16歳	白杖3年	バレーボール
Sub.3	女	後天(11)	光覚	26歳	白杖15年	バレーボール

Table 7-2 言語化課題における全発話に対する各カテゴリーに  
占める発話の割合[%] (実験1)  
( )内は発話度数

被験者	対象物	大地	面	人	非対象	計
Sub.1	33.96 ( 18)	30.19 ( 16)	13.21 ( 7)	5.66 ( 3)	16.98 ( 9)	100.00 ( 53)
Sub.2	22.86 ( 8)	25.71 ( 9)	20.00 ( 7)	8.57 ( 3)	22.86 ( 8)	100.00 ( 35)
Sub.3	31.48 ( 17)	18.52 ( 10)	12.96 ( 7)	7.41 ( 4)	29.63 ( 16)	100.00 ( 54)

Table 7-3 目的歩行説明課題における全発話に対する各カテゴリーの  
占める割合[%] (実験1)  
( )内は発話度数

被験者	対象物	大地	面	人	非対象	計
Sub.1	23.33 ( 7)	53.33 ( 16)	20.00 ( 6)	0.00 ( 0)	3.33 ( 1)	100.00 ( 30)
Sub.2	30.36 ( 17)	44.64 ( 25)	3.57 ( 2)	3.57 ( 2)	17.86 ( 10)	100.00 ( 56)
Sub.3	35.26 ( 55)	21.80 ( 34)	27.56 ( 43)	8.33 ( 13)	7.05 ( 11)	100.00 ( 156)

Table 7-4 目的歩行課題におけるエラー数及びその内容 (実験1)

被験者	転回点No.	エラー数	内容
Sub.1	T 1	1 . . . . .	over
	T 2	1 . . . . .	over
	T 3	0	
	T 4	3 . . . . .	over · over · over
	T 5	0	
	T 6	0	
	T 7	0	
	T 8	0	
	計	5	
Sub.2	T 1	1 . . . . .	over
	T 2	0	
	T 3	1 . . . . .	under
	T 4	2 . . . . .	under · under
	T 5	2 . . . . .	miss · miss
	T 6	0	
	T 7	1 . . . . .	over
	T 8	1 . . . . .	no
	計	8	
Sub.3	T 1	0	
	T 2	0	
	T 3	0	
	T 4	0	
	T 5	0	
	T 6	0	
	T 7	0	
	T 8	1 . . . . .	under
	計	1	

注. over: 行き過ぎ

under: 手前過ぎ

miss: 転換方向の誤り

no: この転回点に到達が不可能

Table 7-5 方向定位課題における角度誤差[deg] (実験1)

被験者	T 1	T 3	T 6	計
Sub.1	23.00	80.00	149.00	252.00
Sub.2	19.00	20.00	24.00	63.00
Sub.3	13.00	14.00	15.00	42.00

Table 7-6 転回点の聴覚的知覚における恒常距離誤差の絶対値の平均値[m] (実験3) (1)

		0.3	0.9	1.5	
45deg-E	Sub.1	m	1.12	1.78	1.34
		SD	0.61	0.68	0.66
	Sub.2	m	1.14	1.61	1.50
		SD	0.50	0.82	0.65
	Sub.3	m	0.32	0.97	0.99
		SD	0.10	0.55	0.94
45deg-S	Sub.1	m	0.83	1.55	1.49
		SD	0.46	0.44	0.80
	Sub.2	m	1.89	0.87	1.77
		SD	0.61	0.57	0.54
	Sub.3	m	0.86	0.96	0.83
		SD	0.84	0.57	0.50

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[cm]

45deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度

E: 環境騒音条件

S: 環境騒音条件プラス白杖音条件

m: 平均恒常距離誤差

SD: 標準偏差

Table 7-6 転回点の聴覚的知覚における恒常距離誤差の  
絶対値の平均値[m] (実験3) (2)

			0.3	0.9	1.5
0deg-E	Sub.1	m	0.80	0.99	1.25
		SD	0.41	0.68	0.55
	Sub.2	m	0.68	1.31	1.54
		SD	0.21	0.70	0.30
	Sub.3	m	0.27	0.97	0.85
		SD	0.06	0.70	0.44
0deg-S	Sub.1	m	0.51	0.82	0.53
		SD	0.23	0.21	0.51
	Sub.2	m	1.60	1.35	1.11
		SD	0.56	0.40	0.88
	Sub.3	m	0.62	0.68	1.02
		SD	0.48	0.27	0.95

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[cm]

0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度

E: 環境騒音条件

S: 環境騒音条件プラス白杖音条件

m: 平均恒常距離誤差

SD: 標準偏差



Table 7-7 転回点の聴覚的知覚における

恒常距離誤差の平均値[m] (実験3) (1)

			0.3	0.9	1.5
45deg-E	Sub.1	m	1.15	1.78	1.34
		SD	0.61	0.68	0.66
	Sub.2	m	1.14	1.40	1.40
		SD	0.50	1.14	0.85
	Sub.3	m	0.32	0.97	0.91
		SD	0.10	0.55	1.02
45deg-S	Sub.1	m	0.83	1.55	1.31
		SD	0.46	0.44	1.08
	Sub.2	m	1.89	0.87	1.77
		SD	0.61	0.57	0.54
	Sub.3	m	0.86	0.07	0.63
		SD	0.84	1.11	0.74

注. 0.3/0.9/.15: 壁面からの距離[m]

45deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度

E: 環境騒音条件

S: 環境騒音条件プラス白杖音条件

m: 平均恒常距離誤差

SD: 標準偏差

Table 7-7 転回点の聴覚的知覚における

恒常距離誤差の平均値[m] (実験3) (2)

			0.3	0.9	1.5
0deg-E	Sub.1	m	0.42	0.94	1.25
		SD	0.80	0.75	0.54
	Sub.2	m	0.68	1.20	1.54
		SD	0.21	0.87	0.30
	Sub.3	m	0.24	0.76	0.85
		SD	0.06	0.93	0.44
0deg-S	Sub.1	m	0.51	0.82	0.51
		SD	0.23	0.21	0.53
	Sub.2	m	1.60	1.35	1.07
		SD	0.56	0.40	0.93
	Sub.3	m	0.33	0.68	0.77
		SD	0.71	0.27	1.16

注. 0.3/0.9/1.5: 壁面からの距離[cm]

0deg: 壁面に対するダミーヘッドの角度

E: 環境騒音条件

S: 環境騒音条件プラス白杖音条件

m: 平均恒常距離誤差

SD: 標準偏差

Table 7-8 各課題ごとの時間誤差[%] (実験4)

			S条件	L条件
P B	Sub.1	m	8.06	14.79
		SD	6.25	6.29
	Sub.2	m	13.55	16.93
		SD	6.91	4.77
	Sub.3	m	16.71	11.21
		SD	6.81	8.94
P H	Sub.1	m	14.69	15.82
		SD	11.99	16.55
	Sub.2	m	31.83	29.33
		SD	15.81	17.67
	Sub.3	m	15.67	11.47
		SD	10.34	7.30

注. P B : ボタン押し課題

P H : 振り子課題

S条件 : 可聴時間 short 条件

L条件 : 可聴時間 long 条件

m : 平均恒常距離誤差

SD : 標準偏差

## 第 2 節

### 全般的考察

## 1. まとめ

本節ではこれまでの各実験の結果を要約すると共に各考察を踏まえつつさらに敷衍した討論を行う。まず、これまでの結果を要約しておく。

第4章では、予備調査を行った後、目的歩行場面における発話と目的歩行・空間知識の正確性との関連性を検討した。その結果、次のようになった。

- ① 目的歩行中には多様な情報が利用されていること、その内でも特定の情報が多く想起されていることなどが示された。
- ② 非視覚的目的歩行に熟練した歩行者（重度視覚障害者）と未熟な歩行者（遮眼した晴眼者）との比較から、両者の取り出す情報には類似点と相違点が認められた。
- ③ 遮眼した晴眼者でも非視覚的環境にさらされるにつれて、目的歩行や取り出される情報にも変化が認められた。
- ④ 上記①～③より、目的歩行の正確性・空間知識の正確性に関連する聴覚的情報は壁面の存在と断絶、静止音源定位・移動音源や音像と自己との方向や距離の変化であることが示唆された。

第5章の転回点の聴覚的知覚実験では、転回点を特定する聴覚的情報を有効に取り出すことが可能となる要因について検討した。その結果は、次のようになった。

- ① 壁面に近接している方が壁面の遮蔽縁（壁面の切れ目）を正確に特定できる。
- ② 両耳が壁面に対し直交するような空間的位置を占める時、壁面の遮蔽縁を正確に特定できる。
- ③ 環境騒音のみが放射音源となる場合よりも白杖のタッピング音（パルス音）が音源として付加される場合の方が、遮蔽縁の正確な同定が可能

能であった。

- ④放射音や壁面からの距離が異なるとき、聴覚的情報を取り出すために利用されると考えられる音響学的変数の差異が示唆された。

第6章では、音源の移動を正確に定位し、その音源と自己の行為との協応の正確性に関与する要因が検討された。そこで得られた結果は次のようであった。

- ①単に音源の移動を定位することは振り子を衝突させることよりも容易であった。しかし、同一の音響学的環境下で複数回試行を重ねることによって振り子を衝突させるという行為の正確性は改善されることが認められた。つまり、振り子を衝突させるという行為と移動音源の定位との協応学習が生起し、しかも学習後の成績は移動音源を定位する場合の誤差よりも少なくなった。
- ②音源の移動速度・等速か等加速かの有無によっても誤差には差異が認められなかった。
- ③音源と自己との空間的变化という聴覚的情報を伝達する音響学的変数と自己の身体（両耳間距離）とを関連づけた記述の可能性が示唆された。

## 2. 目的歩行を可能にする聴覚的情報

第4章の結果から、「対象物」に含まれる発話の比率が多いことが示された。この「対象物」には、「店」などの複数のモダリティを介して情報を取り出していることを示唆する発話も含まれている。しかし、「天井のスピーカー」・「改札口」・「券売機」などの発話は聴覚的モダリティを介した情報に言及している。後者は静止音源定位による聴覚的情報を意味する。従って、固定した音源に関する聴覚的情報が目的歩

行に少なからず役割を果たしていることが示唆される。従来、静止音源と静止した聴取者との方向や距離に関する音響心理学的研究は多数見られる。従って、そこで得られた知見は目的歩行場面にも適用可能であると思われる。実際、文部省(1985)においても、五十嵐(1994)が掲載している児童期までの歩行訓練プログラムにおいても、静止音源定位の訓練の必要性が指摘されている。

しかしながら、実際の目的歩行において、静止した聴取者と静止した音源との関係は、極めて一時的なオリエンテーションしか保証しない。むしろ、時々刻々と変化する聴取者と音源あるいは反響物との関係を特定する聴覚的情報の方が、継続的なオリエンテーションを可能にすると考えられる。故に、本研究では静止している聴取者による静止音源の聴覚的情報は取り上げず、聴取者と放射音源あるいは反響物との空間的關係が変化する状況における聴覚的情報に焦点を当てた。前節でも述べたように、これらの聴覚的情報を有効に取り出すことと目的歩行の正確性との間には、極めて強力ではないものの、関連が示された。

これらの情報を次の二通りの観点から分類することを試みてみる。

#### 1) 自己中心的情報と外部中心的情報

まず、絶対的・相対的情報という観点から検討してみる。自由音場において音源からの音圧が音源の距離知覚に利用可能な場合、音圧強度が変化しない限り、音源からの距離が半分になると音圧は6 dB増加するとされている(Blauert, 1983; Coleman, 1962, 1963)。しかし、Gardner (1969)は音源までの距離と音像の距離知覚とは必ずしも合致せず、音像の距離変化は音源のそれよりも小さく、距離が半分に減少するのに20dB必要としたことを示している。これらの実験条件は、音源からの音圧のみが両耳に入力され、且つ自由音場条件である。しかし、実際環境では

複数の音源が空間内に同時に存在し、且つ拡散音場である (Figure 1-1 参照)。そのような環境下では特定の音源までの距離を知覚するために、他の音源からの音圧・壁面などへの反響音が利用可能である。Mershon & Kings(1975); Mershon & Bowers(1979)は、反響音と放射音の音圧比など、音源の音響学的変数の変化により共変しない手がかりを「絶対的」(absolute)、複数の音源からの音圧を比較することにより得られる手がかりを「相対的」(relative)に分類した。換言すれば、音源の音響学的変数と環境内の音源以外の対象物 (例えば反響面, 聴取者の身体) との関係により提供される情報が絶対的情報である。一方、音の大きさやピッチ等音源から到来する音波のみにより伝達される情報が相対的情報である。

絶対的・相対的情報は、聴取者を中心とした情報か否かという観点から、自己中心的情報と外部中心的情報に分類することが可能である (Rosenblum, Wuestefeld & Anderson, 1996)。つまり、自己の身体と音源との関係あるいは自己の身体と反響物との関係が自己中心的情報である。一方、単一音源あるいは複数音源の音響学的変数が基礎となる情報が外部中心的情報である。

Mershon & Kings(1975)は、「自己中心の音響学的次元」(egocentric acoustic dimension)が絶対的な距離知覚を可能にするという。Rosenblum, Wuestefeld & Anderson(1996)は自己中心の次元が聴取者と音源間の距離の判断を可能にするとし、その際他の聴覚刺激は必要ないと主張する。

一方、「外部中心の次元」(exocentric dimension)は、相対的な距離に関する情報である。環境内に同一の音響学的変数を有する音源が複数存在する際、それらの相対的距離知覚にはこの手がかりが利用可能であ



る。しかし、そのような音源が他に存在しないならば、距離知覚は音源の音響学的変数の熟知度に依存する。音源の音圧を知ることにより、音圧の変化から共変する距離を知覚することができる。

上記の情報の分類は距離知覚についてなされたが、次に静止した音源の方位角を静止した聴取者が知覚する場合を考えてみる。いわゆるユークリッド地図のような聴覚的地図を仮定すれば、聴覚的鳥瞰図的音源の定位が外部中心的情報により可能と思われる。それは、空間内に存在する複数の音源の関係が自己の身体との関連で特定されず、音源間関係によってのみ特定されるからである。しかしながら、実際の環境下ではこのような「聴覚的鳥瞰図」的な音源定位は非現実的である。一般には、音源は聴取者の身体（両耳）との関係で定位される。従って、利用される情報は自己中心的といえる。

では、本研究の実験3のような壁面の遮蔽縁が方位角と距離を変化させる条件、及び実験4～実験6のような音源の移動が方位角と距離とを共に変化させる条件とについて考えてみる。この条件では距離変化が伴われるため、正中線上の距離知覚の場合と同様に、自己中心的情報と外部中心的情報とが利用可能である。つまり、自己の身体との関係により生起する自己中心的情報と音源の音響学的特性より生起する外部中心的情報である。第6章第2節の考察で記述した $d(ILD/D(s_l - s_r))/ILD$ は自己中心的情報の1例である。なぜならば、音源の音圧を示す定数 $c$ が消去されるからである。

実験4・実験5の結果及び実験6の変動時間誤差を見ると、被験者の反応が系統的になされていることが示された。このことは、自己中心的情報を利用して「絶対的」判断がなされていることを示唆している。また、実験6の恒常時間誤差の推移から、複数回同一の速度で音源が提示

されると反応が改善されることが示された。このことは、振り子の滑走路までの到達時間を正確に推定できるようになったこと、移動音源の音響学的特性に関する知識（音圧など）を獲得したことつまり、外部中心的情報を利用して「相対的」判断ができるようになったことを示唆している。さらにその後、移動音源の速度をランダムに変化させると、時間誤差は大きくなるが、課題に未熟な時点の水準になることはなかった。つまり、被験者は音源の音響学的知識が利用困難になったとしても、知識以外の情報を利用できたことを示唆する。これらの結果から、課題に熟練した被験者は、自己中心的情報と外部中心的情報の両者を共に利用可能であることが示唆された。

転回点の聴覚的知覚実験においては、壁面に対し両耳が直交する条件、つまり両耳間差が最も大きくなる条件且つ白杖パルス音が付加される際に遮蔽縁の同定が正確になる傾向を示した。両耳間差は当然聴取者の身体を基準とした音響学的変数であり、これは自己中心的情報を伝達する。一方、白杖タッピング音の特性の内、パルスパターンを聴取者が熟知している可能性は高い。しかしながら、白杖の種類により音響学的特性は異なることから、バイノーラル録音に使用されたタッピング音を被験者が完全に熟知しているとは考えられない。さらに、白杖音の音響学的特性の違いは障害物探知に影響しなかったという知見も認められ(Schenkman&Jansson, 1986)、従って先行音効果（第1波面の法則）が伝達する情報も自己中心的情報と考えられる。つまり、この実験における壁面の遮蔽縁の同定には、自己中心的情報が主として利用されていることが示唆される。

上記のような検討を行い、実際の目的歩行中に利用可能な聴覚的情報をPsathas(1976)のオリエンテーションの分類に従ってまとめると次のよ

うになる。

(1) 静止した歩行者と静止した対象との関係

- ① 距離知覚：自然音場内に歩行者が位置していると仮定すると、音源に関する音響学的特性を熟知しているならば、外部中心的情報と自己中心的情報とが利用可能である。
- ② 方位角の知覚：原則として自己中心的情報が利用可能である。

(2) 歩行者と対象物との空間的關係が相対的に変化する場合

- ① 距離知覚：(a)音源の距離知覚の場合、音源の音響学的特性に関する知識を有しているならば、自己中心的情報と外部中心的情報が利用可能である。(b)反響物の距離知覚の場合、自己中心的情報が利用可能である。
- ② 方位角の知覚：音源にせよ、反響物にせよ、自己中心的情報が利用可能である。

3. 目的歩行を可能にする空間表象モデルと聴覚的情報との関連性

Hollyfield(1981)は、空間概念の中心的情報として、交差点、車歩道があることを指摘している。本研究の予備調査から交差点が重要な場所として挙げられており、実験1・2の結果、そして前節の事例的検討から、転回点のエラーが目的歩行の正確性と関連していることが示された。Hollyfield(1981)の交差点も本研究の転回点も通路と通路との結合点である。つまり、通路間の結節点(node; Neisser, 1976)が目的歩行のための空間知識には重要な役割を果たしていると考えられる。

ところで、本実験1・2では経路上の複数の地点から一望できない地点の方向を指示させるという方向定位を空間知識の指標とした。この指標に関する限り、目的歩行の正確性や発話、聴覚的実験の結果との関連

性は一貫していなかった。目的歩行中のエラーも少なく方向定位の角度誤差も少ない者もいれば、両指標が相矛盾する結果を示した者も少なからず認められた。このことは、方向定位に代表されるような空間知識の2次元的体制化と目的歩行の正確性を可能にする知識とは齟齬する知識であることが示唆される。

では、転回点が重要となり目的歩行の正確性が促進されるような空間知識の体制化はどのようになされるのだろうか。重度視覚障害者の目的歩行に限定して、先行研究で提出されたモデルと本研究で得られた聴覚的情報に関する知見とを総合的に考察してみる。

#### 1) ネットワーク表象モデル

Byrne & Salter(1983)は、重度視覚障害者の方向定位が自己中心的であることの解釈として、彼らの空間知識 (Byrne & Salter は spatial representationという用語を用いている) がネットワークマップとして体制化されていると主張する。ネットワークマップとは、結節点の連続として移動可能な経路が知識となっている。それぞれの結節点は選択可能な場所 (地点) に対応する。この場所は必ずしも視覚的ランドマークを必要としない。それぞれの結節点と、歩行者の単一の行為 (例えば、右折・直進・停止) とが対連合学習されている。目的地へ歩行するために、任意の結節点で対連合されている単一の行為に従うと、次の結節点に到達できる。通路は結節点間となる。このネットワークマップにおける距離は、経路上の結節点の数にのみ対応し、ユークリッド的距離には対応しない。また、方向は歩行者が向いている方位の変化にのみ対応し、ユークリッド的方位角には無関係である。まして地理的方位 (東西南北) には対応しない。Byrne & Salter(1983)は、ネットワークマップは、空間を熟知すればそれだけ精緻化されるという。つまり、空間に未知な歩

行者のネットワークマップは粗野であるが、空間の熟知度が増すにつれてネットワークが緻密になっていくといえる。ネットワークは空間内を移動しつつ結節点を知覚し、その結節点と歩行者自身の行為とを対連合学習させることにより精緻化されていくと考えられる。同様に、Gibson(1979)も環境に関する知識は観察者が歩き回ることによってのみ獲得されることを述べている。

先にも述べたように、Byrne & Salter(1983); Neisser(1976)の結節点は本研究でいえば転回点に他ならない。被験者はまず、経路提示段階で転回点の連続として経路を学習する。この時点では、ネットワークマップは不十分である。しかしながら、通路を8個の転回点で結合させたマップが記憶されるであろう。経路を歩行する段階では、転回点を同定し、その地点における自己の行為を想起しながら、目的地へ到達することになる。この段階で重要な要因は、転回点を知覚的に同定し、直進とか右折とかの行為を想起することである。方位の感覚は自己中心的準拠枠に基づいているため、ユークリッド的な角度判断には対応しない。故に、被験者のある者に、角度判断と目的歩行のエラーとが相矛盾する結果をもたらしたといえる。

では、ネットワークマップが獲得され、精緻化される過程で重要な役割を果たす要因はなにか。それらは、転回点の知覚と自己の行為の想起とである。特に、転回点が知覚されなければ行為の想起が無意味になる。

## 2) ネットワークマップの構成に利用される情報

ネットワークマップにとって重要な転回点是非視覚的情報によって特定される。歩行者は移動しながら転回点を知覚的に特定しなければならないため、自己を中心として変化する刺激をもとに場所を特定する情報を取り出さなければならない。つまり、移動中の歩行者が利用可能な情

報は自己中心的情報である。聴覚的情報に限って言えば、周囲の音源に関する知識を豊富に有している歩行者であれば、外部中心的情報をも利用可能となるであろう。

従来、非視覚的目的歩行を可能にする要因として、空間に関する正確な知識の獲得が強調されてきた。この観点からの研究により知見が少なからず蓄積されてきたことは確かといえる。しかしながら、空間知識の獲得過程における環境知覚や利用可能な知覚的情報の果たす役割については十分な議論がなされてこなかったように思える。本研究の実験1・2は目的歩行中の環境知覚に力点を置いたため、他の空間知識（あるいは認知地図）研究の多くが用いているような空間の再構成法を用いなかった。したがって、厳密に先行研究と比較することはできないものの、本研究が目的歩行時の利用可能な聴覚的情報や空間知識のある種のモデルに焦点を当てることができたと言えよう。

#### 4. 歩行訓練への示唆

歩行訓練への示唆を得る目的で、重度視覚障害者の駅プラットフォームからの転落の状況と転落に関与する要因を分析した研究が行われている（村上・有賀，1996；大倉・村上・清水・田内，1995；高戸・田内・大倉，1996）。大倉・村上・清水・田内(1995)は、駅プラットホームからの転落事故の事例を分析し、幾つかの事故では聴覚的判断の錯誤があることを指摘している。一つは、音源の空間定位を利用した誤りであり、他は、障害物知覚のためである。音像は建物の建材により広がり感が異なる。このため、方位角や距離の知覚に外部中心的情報のみが利用されると、誤判断の原因となりうる。障害物知覚の場合にも自己中心的情報が十分に利用されていなかったことが想像される。身体の移動により音

源の方位角や距離がどのように変化するのか、音源からの音質がどのように変化するのか、反響物からの反響音がどのように変化のかなどに関する知覚学習(Gibson, 1969)に焦点を当てた知覚訓練が求められる。

## 5. ユニバーサルデザインへの示唆

近年、健常者にも障害者にも「優しい」環境の構築が叫ばれている。このような環境のありかたをユニバーサルデザインという。重度視覚障害者が安全にかつ合理的に目的地へ移動することを念頭に置いたユニバーサルデザインが求められる。歩道に設置された点字ブロック、交差点の音声式信号などは重度視覚障害者用の歩行補助デザインといえる。しかしながら、聴覚的情報を有効に利用したユニバーサルデザインはあまり見受けられない。近年、天井や壁面の肌理を変化させたり、吸音材などを施した地下鉄駅の設計が行われている(有賀; 1996)。これは、聴覚的ユニバーサルデザインの好例であろう。先にも述べたように、建材の差異が音像の広がり感や反響音に影響し、これが重度視覚障害者の誤判断を招く危険は拭いきれない。そこで、音源定位が正確に行え、反響音定位により障害物の探知が可能となる建築デザインが求められる。

## 6. 今後の課題

先にも述べたように、目的歩行は認知・知覚的機能と身体移動の機能とが相互連関的に結びついた複雑な活動である(Strelow; 1985)。従って、目的歩行を包括的に検討することには困難が常に付きまとう。単に認知的側面や知覚的側面を取り上げて実験室に持ち込めば、その時点でそれらの要因は目的歩行からは分離されてしまう。一方、歩行場面を利用して要因を検討するならば、予想外の要因が関与することを避けがたい。

本研究は、実際の歩行場面を利用して実験を行い、さらにそこでの結果を踏まえ、実験室的な検討を加えた。どの実験においても、できるだけ現実場面に適合させることを意図したため要因制御が不十分であったことは否めない。従って確信的な結論を導き出したとは言えず、今後も継続的な検討が必要である。次に、今後に残された主要な問題を掲げておく。

### 1) 反響音定位に関する行為・知覚的研究

第1は、反響音を利用した自己の定位に関する研究である。本研究の実験3では聴覚的刺激に対する知覚的反応を求めた。実際の歩行場面では環境知覚のみならず、反響音を利用した行為が求められる。例えば、安全に歩行するためには障害物や壁面に接触することなしに移動する必要がある。そのためには、壁面や障害物に対し接触することがないような軌道を維持しながら移動することになる。つまり、物体に対する身体の姿勢や歩行方向などの行為を視座に入れた研究が必要と思われる。

### 2) 移動音源の回避に関する研究

第2は、移動音源の定位と行為に関する研究である。本研究の実験4から6では振り子を衝突させるという行為を用いて移動音源と被験者の行為との協応を検討した。さらに、現実場面に近づけた実験が求められる。例えば、車輛の接近に対する回避行為を分析することなどが今後求められる。しかしながら、車輛を実際に利用して実験することは倫理的にも実際的にも問題がある。そこで、近年急速に進歩を遂げているバーチャル・リアリティ（仮想現実）的手法を駆使することが求められる。

### 3) 認知機能の研究

第3は、認知的側面の検討である。歩行中に記録した環境の特徴を想起する際の正確性に関しては本研究の実験1及び2では扱うことができ



なかった。認知的機能の中で、環境の記銘と想起、歩行経路の記銘とその表現が果たす役割は少なくない。記憶と表現の正確性を左右する諸要因について今後検討が必要と思われる。

#### 4) 自己概念の発達・適応機能と目的歩行遂行能力との関わりの解明

本研究では重度視覚障害者の目的歩行遂行能力を規定する要因として聴覚情報に焦点を当てて、実験計画を立案実行し、考察してきた。目的歩行そのものを可能にする要因に関しても上記のような課題が残ったが、その他に、教育あるいはリハビリテーションの観点からすると、重度視覚障害者自身の自己概念や場面適応能力も重要な要因として指摘できる。

自己概念の形成・発達の程度を測定するために、伊藤(1989)は、自我同一性地位(ego identity status; Marcia,1966)という概念を導入して、「自我同一性判別尺度において、晴眼者と視覚障害者の地位分布に1%水準の有意な差異が見られた。つまり視覚障害者は同一性達成地位と、D-M中間地位に二極分化して」いること、さらにD-M中間地位に属する重度視覚障害者は自己の視覚障害についての高い危機を経験していることを明らかにした。そして伊藤(1989)は、自我同一性が未確立、すなわち適応力に欠ける者の割合が少なくないこと、そのような彼らは自己の視覚障害のいわゆる受容が未確立であることを指摘している。今後このような自己概念の形成・発達に及ぼす目的歩行遂行能力向上の効果を解明することも課題である。換言すれば、目的歩行の訓練とそれを可能にした自己への気づき(awareness)が、包括的自己概念の形成発達にどのように連関しているのかを明らかにしていくことが必要であろう。そのことにより、単なる移動手段の訓練としての位置づけを敷延し、全人格的訓練として歩行訓練を位置づけることが可能となるように思われる。

## 引用文献

- Allen, G., Siegel, A. W., & Rosinski, R. R. (1978) The role of perceptual context in structuring spatial knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 617-630.
- 有賀信章 (1996) 21世紀を指向した地下鉄空間 建築画報, 32, 6-37.
- Ashmead, D. H., Davis, D. L., & Northington, A. (1995) The contribution of listeners' approaching motion to auditory distance perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 239-256.
- Ashmead, D. H., Hill, E. W., & Talor, C. R. (1989) Obstacle perception by congenitally blind children. *Perception & Psychophysics*, 46, 425-433.
- Ashmead, D. H., Leroy, D., & Odom, R. D. (1990) Perception of the relative distances of nearby sound sources. *Perception & Psychophysics*, 47, 326-331.
- Babar, P. O., & Lederman, S. J. (1988) Encoding direction in manipulatory space and the role of visual experience. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 82, 99-106.
- Bassett, I. G., & Eastmond, E. J. (1964) Echolocation: measurement of pitch versus distance for sounds reflected from a flat surface. *Journal of the Acoustical Society of America*, 36, 911-916.
- Bigelow, A. (1991) Spatial mapping of familiar locations in blind children. *Journal of Visual Impairment & blindness*, 72, 291-301.
- Blasch, B. B., Welsh, R. L., & Davidson, T. (1973) Auditory maps: An orientation aid for visually handicapped persons. *The New Outlook for the Blind*, 67, 145-158.
- Blauert, J. (1983) *Spatial hearing*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Bootzma, R. J. (1989) Accuracy of perceptual processes subserving different perception-action systems. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 489-500.
- Bootzma, R. J., & van Wieringen, P. C. (1990) Timing an attacking forehand drive in table tennis. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 21-29.
- Brambring, M. (1982) Language and geographic orientation for the blind. In R. J. Jarvella, & W. Klein (Eds.), *Speech, Place and Action*. John Wiley & Sons. Pp.203-218.
- Butler, R. A., Levy, E. T., & Neff, W. D. (1980) Apparent distance of sounds

- recorded in echoic and anechoic chambers. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6, 745-750.
- Byrne, R. W., & Salter, E. (1983) Distances and directions in the cognitive maps of the blind. *Canadian Journal of Psychology*, 37, 293-299.
- Casey, S. M. (1978) Cognitive mapping by the blind. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 72, 297-301.
- Chapanis, A (1967) The relevance of laboratory studies to practical situations. *Ergonomics*, 10, 557-577.
- Chew, S. L. (1986) *The use of traffic sounds by blind pedestrians*. Unpublished doctoral dissertation, University of Minnesota.
- Cleaves, W. T., & Royal, R. W. (1979) Spatial memory for configurations by congenitally blind, late blind, and sighted adults. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 73, 13-19.
- Coleman, P. D. (1962) Failure to localize the source distance of an unfamiliar sound. *Journal of the Acoustical Society of America*, 34, 345-346.
- Coleman, P. D. (1963) An analysis of cues to auditory depth perception in free space. *Psychological Bulletin*, 60, 302-315.
- Cotzin, M., & Dallenbach, K. (1950) Facial vision: The role of pitch and loudness in the perception of obstacles by the blind. *American Journal of Psychology*, 63, 485-515.
- DeLucia, P. R., & Cochran, E. L. (1985) Perceptual information for batting can be extracted throughout a ball's trajectory. *Perceptual and Motor Skills*, 61, 143-150.
- Diderot, D. (平岡昇訳) (1748-1776) 盲人に関する手紙 (小場瀬卓三・平岡昇監修) デイードロ著作集 第一巻 哲学1 法政大学出版局 Pp.98-109.
- Diderot, D. (平岡昇訳) (1782-1776) 盲人に関する手紙 補遺 (小場瀬卓三・平岡昇監修) デイードロ著作集 第一巻 哲学1 法政大学出版局 Pp.98-109.
- Dodds, A. G., Howarth, C. I. & Carter, D. C. (1982) The mental maps of the blind: The role of previous visual experience. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 76, 5-12.
- Downs, R. M., & Stea, D. (1973) *Image and environment: Cognitive mapping and spatial behavior*. Chicago: Aldine. (ダウンス R. M.・ステア D.・吉武泰水監訳, 曾田忠宏・林章・他共訳 (1976) 環境の空間的イメージイメージマップと空間認知 鹿島出版会)
- Easton, R. D., & Jackson, R. M. (1983) Pilot test of the Trisensor: A new generation sonar sensory aid. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 77,

- 446-449.
- Easton, R. D., & Bentzen, B. L. (1987) Memory for verbally presented routes: A comparison of strategies used by blind and sighted people. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 81, 100-105.
- Foulke, E. (1982) Perception, cognition, and the mobility of blind pedestrians. In M. Potegal (Ed.), *Spatial Abilities: Development and physiological foundations*. New York: Academic Press. Pp. 55-76.
- Gardner, M. B. (1968) Distance estimation of 0 or apparent 0° -oriented speech signals in anechoic space. *Journal of the Acoustical Society of America*, 44, 47-57.
- Gardner, M. B. (1969) Distance estimation of 0 deg or apparent 0 deg oriented speech signals in anechoic space. *Journal of the Acoustical Society of America*, 45, 47-53.
- Gaver, W. W. (1993) What in the world do we hear?: An ecological approach to auditory event perception. *Ecological Psychology*, 5, 1-31.
- Gibson, E. J. (1969) *Principles of perceptual learning and perceptual development*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Gibson, J. J. (1966) *The senses considered as perceptual systems*. Boston: Houghton Mifflin.
- Gibson, J. J. (1979) *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin. (ギブソン J. J. (古崎敬・古崎愛子・辻敬一郎・村瀬旻訳) 1985 生態学的視覚論：ヒトの知覚世界を探る サイエンス社)
- Grantham, D. W. (1986) Detection and discrimination of simulated motion of auditory targets in the horizontal plane. *Journal of the Acoustical Society of America*, 79, 1939-1949.
- Guski, R. (1990) Auditory localization: Effects of reflecting surface. *Perception*, 19, 819-830.
- Guski, R. (1992) Acoustic tau: An easy analogue to visual tau? *Ecological Psychology*, 4, 189-197.
- Guth, D. A., Hill, E. W., & Rieser, J. J. (1989) Test of blind pedestrians. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 83, 461-468.
- Hardwick, D. A., Woolridge, S. C., & Rinalducci, E. J. (1983) Selection of landmarks as a correlate of cognitive map organization. *Psychology Reports*, 53, 807-813.
- Harris, J. D., & Sergeant, R. L. (1971) Monaural/binaural minimum audible angles for a moving sound source. *Journal of Speech and Hearing Research*, 14, 618-629.

- 判澤正人・篠田陽理子・曲谷一成・築島健次・増本優 (1996) D G P を用いたナビゲーションシステムの開発 感覚代行シンポジウム発表論文集, 77-82.
- Heft, H. (1983) Way-finding as the perception of information over time. *Population and Environment: Behavioral and Social Issues*, 6, 133-150.
- Heft, H., & Kent, M. (1993) Way-finding as event perception: The structure of route information. Poster presented at: *7th International Conference on Event Perception and Action*. Vancouver, Canada.
- Heller, M. A., Kennedy, J. M., & Joerner, T. D. (1995) Production and interpretation of pictures of houses by blind people, *Perception*, 24, 1049-1058.
- Herman, J. F., Chatman, S. P., & Roth, S. F. (1983) Cognitive mapping in blind people: Acquisition of spatial relationships in a large-scale environment. *Journal of visual Impairment & blindness*, 77, 161-166.
- Herman, J., Herman, T., & Chatman, S. (1983) Constructing cognitive maps from partial information: A demonstration study with congenitally blind subjects. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 77, 195-198.
- Hill, E., & Ponder, P. (1976) *Orientation and mobility techniques*. American Foundation for the Blind.
- Hollins, M. (1988) Spatial updating in blind and sighted people. *Perception & Psychophysics*, 43, 380-388.
- Hollyfield, R. L. (1981) *The spatial cognition of blind pedestrians*. Unpublished doctoral dissertation, University of Luisville. University Microfilms, Ann Arbor, Michigan.
- Hollyfield, R. L. (1983) The spatial cognition of blind pedestrians. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 77, 204-210.
- Hutertas, J. A., & Ochaita, E. (1992) The externalization of spatial representation by blind. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 86, 398-402.
- 伊福部達 (1993) 気配のもとを聴覚から探る 日経サイエンス, 23, 39-46.
- 五十嵐信敬 (編) (1994) 目の不自由な子の感覚教育百科 コレール社
- 石川充英・村上琢磨・田内雅規・峯島孝雄 (1996) 視覚障害者が道路の横断開始時間を判断する手がかり 第五回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 122-125.
- 伊藤精英 (1989) 視覚障害青年の自我同一性地位 和光大学人文学部紀要, 23, 127-141.
- Jenkins, J. J. (1985) Acoustic information for objects, places, and events. In W. H. Warren & R. E. Shaw (Eds.), *Persistence and change: Proceeding of the First International Conference on Event Perception*. Hillsdale, NJ: LEA Pp.115-138.
- Juurmaa, J. (1970a) On the accuracy of obstacle detection by the blind: Part 1.

- The New Outlook for the Blind*, 64, 65-72.
- Juurmaa, J. (1970b) On the accuracy of obstacle detection by the blind: Part 2. *The New Outlook for the Blind*, 64, 104-118.
- 梶井健・関喜一・伊福部喜一・田中良広 (1993) 盲人の障害物知覚における音響学伝達特性の役割 聴覚研究会発表資料
- 梶井健・関喜一・伊福部達・田中良広 (1994) 盲人の障害物知覚におけるカラーレーションの特性について. 第20回感覚代行シンポジウム発表論文集, 129-133
- Kay, L. (1974) A sonar aid to enhance spatial perception of the blind: Engineering design and evaluation. *Radio and Electronic Engineer*, 44, 40-62.
- Kay, L. (1997, March) Cognition and action in the blind-particularly children-through a vision prosthesis, *Personal communication*.
- Kellogg, W. N. (1962) Sonar system of the blind. *Science*, 137, 399-404.
- Klatzky, R. L., Loomis, J. M., Golledge, R. G., Cicinelli, J. G., Doherty, S., & Pellegrino, J. W. (1990) Acquisition of route and survey knowledge in the absence of vision. *Journal of Motor Behavior*, 22, 19-43.
- Klatzky, R. L., Golledge, R. G., Loomis, J. M., Cicinelli, J. G., & Pellegrino, J. W. (1995) Performance of blind and sighted persons on spatial tasks. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 89, 70-82
- 小林真・太田道男 (1995) 音響的視覚代行装置に関する基礎的研究 第22回感覚代行シンポジウム発表論文集, 73-76.
- Laudau, B., Gleitman, H., & Spelke, E. (1981) Spatial knowledge and geometric representation in a child blind from birth. *Science*, 213, 1275-1277.
- Laudau, B., Spelke, E., & Gleitman, H. (1984) Spatial knowledge in a young blind child. *Cognition*, 16, 225-260.
- Lee, D. N. (1976) A theory of visual control of braking used on information about time-to-collision. *Perception*, 5, 437-459.
- Lee, D. N. (1990) Getting around with light or sound. In R. Warren, & A.H. Wertheim (Eds.), *Perception & control of Self-Motion*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp.487-505.
- Lee, D. N. (1993) Body-environment coupling. In U. Neisser (Ed.), *The Perceived Self*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp.43-67.
- Lee, D. N., & Young, D. S. (1985) Visual timing of interceptive action. In D. Ingle, M. Jeanerod, & D. N. Lee (Eds.), *Brain mechanisms and spatial vision*. Dordrecht, the Netherlands: Martinus Nijhoff. Pp.1-30.
- Lee, D. N., Young, D. S., Redish, P. E., Lough, S. & Clayton, T. M. (1983) Visual timing in hitting an accelerating ball. *Quarterly Journal of Experimental*

- Psychology*, 35A, 333-346.
- Lee, D. N., van der Weel, F. R., Hitchcock, T., Matejowsky, E., & Pettigrew, J. D. (1992) Common principle of guidance by echolocation and vision. *Journal of Comparative Physiology, A*, 171, 563-571.
- Lehtinen-Railo, S., & Juurmaa, J. (1994) Effect of visual experience on locational judgements after perspective change in small-scale space. *Scandinavian Journal of Psychology*, 35, 175-183.
- Leonard, J. A., & Newman, R. C. (1979) Three types of 'maps' for blind travel. *Ergonomics*, 13, 165-179.
- Levine, M., Jankovic, I. N., & Palij, M. (1982) Principles of spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology: General*, III, 157-175.
- Little, A. D., Mershon, D. H., & Cox, P. H. (1992) Spectral content as a cue to perceived auditory distance. *Perception*, 21, 405-416.
- Litovsky, R. Y., & Clifton, R. K. (1992) Use of sound pressure level in auditory distance discrimination by 6-month-old infants and adults. *Acoustical Society of America*, 92, 794-802.
- Loomis, J. M., Klatzky, R. L., Golledge, R. G., Cicinelli, J. G., Pellegrino, J. W., & Fry, P. A. (1993) Nonvisual navigation by blind and sighted: Assessment of path integration ability. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122, 73-91.
- 間々田和彦・伊藤精英 (1995) 移動音源定位装置の開発 第33回日本特殊教育学会総会発表論文集, 172-173.
- 松村澄子 (1988) コウモリの生活戦略序論 東海大学出版会
- Marcia, J. E. (1966) Development and Validation of Ego-Identity Status. *Journal of Personality & Social Psychology*, vol.3 551-558
- McLeod, R. W. & Ross, H. E. (1983) Optic-flow and cognitive factors in time-to-collision estimates. *Perception*, 12, 417-423.
- McLinden, D. J. (1988) Spatial task performance: A meta-analysis. *Journal of Visual Impairment & blindness*, 82, 231-236.
- Mershon, D. H., & Bowers, J. N. (1979) Absolute and relative cues for the auditory perception of egocentric distance. *Perception*, 8, 311-322.
- Mershon, D. H., & Kings, L. E. (1975) Intensity and reverberation as factors in the auditory perception of egocentric distance. *Perception & Psychophysics*, 18, 409-415.
- Middlebrooks, J. C., & Green, D. M. (1991) Sound localization by human listeners. *Annual Review of Psychology*, 42, 135-159.

- Middlebrooks, J. C., Makous, J. C., & Green, D. M. (1989) Directional sensitivity of sound-pressure levels in the human ear canal. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 86, 89-108.
- Mills, A. W. (1958) On the minimum audible angle. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 30, 237-246.
- 文部省 (1985) 歩行指導の手引き 慶應通信
- Moore, B. C. J. (1989) *An introduction to the psychology of hearing(3rd ed.)*. London: Academic Press.
- 村上琢磨・有賀徹 (1996) 視覚障害者のホームからの転落事故要因の分析 第五回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 118-121.
- 村越真 (1992) 空間表象 児童心理学の進歩, 31, 81-105.
- 村中義夫 (1987) 盲人の触運動による空間認識に関する研究の動向 特殊教育学研究, 25, 57-63.
- 中田英雄 (1988) 身体発達と歩行 佐藤泰正 (編) 視覚障害心理学 学芸図書 Pp.145-164.
- Neisser, U. (1976) *Cognition and reality*. Freeman.
- 野村みどり・横山勝樹・鈴川幸治 (1996) 視覚障害者のための歩行環境 バリアフリー化に関する研究 2 第34回日本特殊教育学会総会発表論文集, 1-26, 52-53.
- Okabe, A., Aoki, K., & Hamamoto, W. (1986) Distance and direction judgment in a large-scale natural environment: Effects of a slope and a winding trail. *Environment and Behavior*, 18, 755-772.
- Oldfield, S. R., & Parker, S. P. A. (1984) Acuity of sound localization: A topography of auditory spaceI. Normal hearing conditions. *Perception*, 13, 581-600.
- Oldfield, S. R., & Parker, S. P. A. (1986) Acuity of sound localization: A topography of auditory spaceIII. Monoaural hearing conditions. *Perception*, 15, 67-81.
- 大倉元宏・村上琢磨・清水学・田内雅規 (1995) 視覚障害者の歩行特性と駅プラットフォームからの転落事故 人間工学, 31, 1-8.
- 小田島明 (1992) 視覚障害者が歩くときに用いる情報 現代のエスプリ 至文堂 298, 67-76.
- Palijs, M., Levine, M., & Kahan, T. (1984) The orientation of cognitive maps. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 22, 105-108
- Passini, R. (1984) Spatial representations, a wayfinding perspective. *Journal of Environmental Psychology*, 4, 153-164.
- Passini, R., Delisle, J., & Langlois, C. (1986) Spatial mobility of the visually



- handicapped active person: A descriptive study. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 80, 904-907.
- Passini, R., Delisle, J., Langlois, C., & Proulx, G. (1988) Way-finding information for congenitally blind individuals. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 82, 425-429.
- Passini, R., Proulx, G., & Rainville, C. (1990) The spatio-cognitive abilities of the visually impaired population. *Environment and Behavior*, 22, 91-116.
- Perrott, D. R., Ambarsoom, H., & Tucker, J. (1987) Changes in head position as a measure of auditory localization performance: auditory psychomotor coordination under monaural and binaural listening conditions. *Journal of the Acoustical Society of America*, 82, 1637-1635.
- Perrott, D. R., & Marlborough, K. (1989) Minimum audible movement angle: Marking the end points of the path traveled by a moving sound source. *Journal of the Acoustical Society of America*, 85, 1773-1775.
- Perrott, D. R., & Musicant, A. D. (1977) Minimum auditory movement angle: binaural localization of moving sources. *Journal of the Acoustical Society of America*, 62, 1463-66.
- Perrott, D. R., & Tucker, J. (1988) Minimum audible movement angle as a function of signal frequency and the velocity of the source. *Journal of the Acoustical Society of America*, 83, 1522-1527.
- Pollack, I., & Rose, M. (1967) Effect of head movement on the localization of sounds in the equatorial plane. *Perception & Psychophysics*, 2, 591-596.
- Presson, C. C., & Hazelrigg, M. D. (1984) Building spatial representations through primary and secondary learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 10, 716-722.
- Psathas, G. (1976) Mobility, orientation, navigation: Conceptual and theoretical considerations. *The New Outlook for the Blind*, 70, 385-391.
- Rice, C. E. (1967) Human echo perception. *Science*, 155, 656-664.
- Rice, C. E., & Feinstein, S. H. (1965) Sonar system of the blind: Size discrimination. *Science*, 148, 1107-1108.
- Rice, C. E., Feinstein, S. H., & Schsterman, R. J. (1965) Echo-detection ability of the blind: Size and distance factors. *Journal of Experimental Psychology*, 70, 246-251.
- Rieser, J. J., Guth, D. A., & Hill, E. W. (1986) Sensitivity to perspective structure while walking without vision. *Perception*, 15, 173-188.
- Rieser, J. J., Hill, E. W., Talor, C. R., Bradfield, A., & Rosen, S. (1992)

- Visual experience, visual field size, and the development of nonvisual sensitivity to the spatial structure of outdoor neighborhoods explored by walking. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 210-221.
- Rieser, J. J., Lockman, J. J., & Pick, H. L. (1980) The role of visual experience in knowledge of spatial layout. *Perception and Psychophysics*, 28, 185-190.
- Rosenblum, L. D., Carello, C., & Pastore, E. (1987) Relative effectiveness of three stimulus variables for locating a moving sound source. *Perception*, 16, 175-186.
- Rosenblum, L. D., Wuestefeld, A. P., & Anderson, K. L. (1996) Auditory reachability: An affordance approach to the perception of sound source distance. *Ecological Psychology*, 8, 1-24.
- Rosenblum, L. D., Wuestefeld, A. P., & Saldana, H. M. (1993) Auditory looming perception: Influences on anticipatory judgments. *Perception*, 22, 1467-1482.
- Rosencranz, D., & Suslick, R. (1976) Cognitive models for spatial representations in congenitally blind, adventitiously blind, and sighted subjects. *The New Outlook for the Blind*, 76, 188-194.
- Rossano, M. J., & Warren, D. H. (1989) The importance of alignment in blind subjects' use of tactual maps. *Perception*, 18, 805-816.
- Saberi, K., & Perrott, D. R. (1990) Minimum audible movement angles as a function of sound source trajectory. *Journal of the Acoustical Society of America*, 88, 2639-2644.
- 佐々木正人 (1994) アフォーダンス: 新しい認知の理論 岩波科学ライブラリー 12 岩波書店
- 佐藤泰正 (1974) 視覚障害児の心理学 学芸図書
- 佐藤泰正 (1988) 視覚障害心理学 学芸図書
- Schenkman, B. N., & Jansson, G. (1986) The detection and localization of objects by the blind with the aid of long-cane tapping sounds. *The Human Factors Society*, 28, 607-618.
- Schiff, W., & Oldak, R. (1990) Accuracy of judging time to arrival : Effects of modality, trajectory, and gender. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 303-316.
- 関喜一 (1996) 環境騒音場における無限障壁に対する障害物知覚 第22回感覚代行シンポジウム発表論文集, 135-140.
- 関喜一・伊福部達・田中良広 (1994a) 盲人の障害物知覚と反射音定位の関係 日本音響学会誌 50, 289-295.

- 関喜一・伊福部達・田中良広 (1994b) 盲人の障害物知覚における障害物の遮音効果の影響 日本音響学会誌 50, 382-385.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949) *Mathematical theory of communication*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Shaw, B. K., McGowan, R. S., & Turvey, M. T. (1991) An variable specifying time-to-contact. *Ecological Psychology*, 3, 253-261.
- 篠田陽理子・矢ヶ部仁・曲谷一成・築島健次・佐藤令介 (1995) D G P Sを用いた視覚障害者用ナビゲーションシステムの開発 第22回視覚代行シンポジウム発表論文集, 129-134.
- 芝田裕一 (1996) 視覚障害者の歩行に必要な能力と歩行訓練士の役割 第五回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 36-39.
- Stoffregen, T., & Pittenger, J. B. (1996) Human echolocation as a basic form of perception and action. *Ecological Psychology*, 7, 181-217.
- Strelow, E. R., & Brabyn, J. A. (1982) Locomotion of the blind controlled by natural sound cues. *Perception*, 11, 636-640.
- Strelow, E. R. (1985) What is needed for a theory of mobility: Direct perception and cognitive maps-Lessons from the blind. *Psychological review*, 92, 226-248.
- Suppa, M., Cotzin, M., & Dallenbach, K. (1944) Facial vision: The perception of obstacles by the blind. *The American Journal of Psychology*, 57, 133-183.
- 鈴木幸治・野村みどり・横山勝樹 (1996) 視覚障害者のための歩行環境 バリアフリー化に関する研究 3, 1-27, 54-55.
- 高戸仁郎・田内雅規・大倉元宏 (1996) 鉄道駅ホームで起きる視覚障害者の事故とその要因分析 第五回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 190-193.
- Thorndyke, P., & Hayes-Roth, B. (1982) Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. *Cognitive Psychology*, 14, 560-581.
- Thurlow, W. R., & Runge, P. (1967) Effect of Induced head movements on localization of direction of sounds. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 42, 480-488.
- Tresilian, J. R. (1994) Approximate information sources and perceptual variables in interceptive timing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 154-173.
- Veraart, C., & Wanet-Defalque, M. C. (1987) Representation of locomotor space by the blind. *Perception & Psychophysics*, 42, 132-139.
- Von Hofsten, C. (1987) Catching. In H. Heuer, & A. F. Sanders(Eds.), *Perspectives on Perception and Action*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp.33-45.

- Wallach, H., Newman, E. B., & Rosenzweig, M. R. (1949) The precedence effect in sound localization. *American Journal of Psychology*, 62, 315-336.
- Wanet, M. C., & Veraart, C. (1985) Processing of auditory information by the blind in spatial localization tasks. *Perception & Psychophysics*, 38, 91-96.
- Warren, W. H., & Verbrugge, R. R. (1984) Auditory perception of breaking and bouncing events: A case study in ecological acoustics. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 704-712.
- 渡辺貴文・丹沢勉・清弘智昭・森英夫 (1995) ソナーと地図情報に基づく歩行ガイドロボットのナビゲーション 第22回感覚代行シンポジウム発表論文集, 137-140.
- Weisman, J. (1981) Evaluating architectural legibility: Way-finding in the built environment. *Environment & Behavior*, 13, 189-204.
- Wilson, J. P. (1966) Obstacle detection using ambient or self-generated noise. *Nature*, 211(5045), 218.
- Woodworth, R. S. (1938) *Experimental Psychology*. New York: Holt.
- Worchel, P. (1951) Space perception and orientation by the blind. *Psychological Monographs*, 65, 1-28.
- 山本利和 (1986) 早期失明者晴眼者における大・小縮尺模型の現地歩行に及ぼす効果 教育心理学研究, 34, 197-203.
- 山本利和 (1988) 空間的推論の発達と空間の規模との関係 異常行動研究会誌, 28, 45-56.
- 山本利和 (1990a) 早期失明者の空間的問題解決能力の発達 心理学研究, 60, 363-369.
- 山本利和 (1990b) 空間認知の発達についての視覚経験の効果. 羽衣学園短期大学紀要, 26, 1-7.
- 山本利和・岡田弥 (1996) 白杖歩行における地図情報と基礎情報の効果 第5回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 44-46.
- 山本利和・芝田裕一・増井幸恵 (1992) 白杖歩行者が求める空間情報に関する調査 視覚障害リハビリテーション, 40, 11-32.
- 横山勝樹・野村みどり・鈴川幸治 (1996) 視覚障害者のための歩行環境バリアフリー化に関する研究 1 第34回日本特殊教育学会総会発表論文集, 1-25, 50-51.

付録 1

被験者の発話記録 「 」内は独話

(実験1) 非視覚的目的歩行の熟練度の違いが利用される  
情報・歩行・及び方向定位の正確性に及ぼす効果の検討

[B1]

足元が変わりました。坂になっています。ちょっと段数がある。風が吹いてきました。右側に壁があります。人が左側を通っています。今右側の壁が切れました。また右側に壁。今右側を人がすれ違っています。右側壁がなくなりました。またあります。機械のような音がしています。ここもなんか音がしています。電話か何かがあるようです。いま右側があきました。ごうごう音がしています。右側あいて風が吹いています。ここも右側が開けました。下のタイルがつるつるになりました。右側壁がなくなりました。人通りが多くなりました。人がたくさんいます。自動販売機のような音が右の方しています。ここも右側自動販売機です。放送が聞こえています。かなり人が混んでいます。改札の切符を切る音がしています。電車の音も聞こえます。足元が変わりました。電車の音が聞こえています。左側の方で自動販売機のような音が聞こえます。点字ブロックが出てきました。なんか新聞のような匂いがします。風が吹いてきました。左側で音楽が聞こえます。空気が冷たくなってきました。左側で何か音がします。左側ずっと人が歩いています。左側で何か音がします。左側自動販売機があります。右側わかんないな。右側開けました。点字ブロックがあって下り坂になっています。電車の音が聞こえてきます右側何か音がしています。左側でお金の音がしています。右側の前の方で自動販売機の音がしています。点字ブロックがあります。点字ブロックの上を歩いていきます、それで今切れました。右側に柱か何かがありました。階段があります。点字ブロックがあります。点字ブロックがあります。カードの音がしています。甘い匂いがします。左側で音楽が聞こえます。右はなんかお店があるような音がしています。お金の音もします。なんか匂いがしています。左側でもお金の音がしています。右側は何かお店があるみたいです。なんか焼いているような匂いがします。甘い匂いがします。カードの音がします。電話があるみたいです。右にお店があります。地下鉄の、あ、電車の音が聞こえています。左側にまたお店があります。ちょっと下り坂になっています。左側でなんか音がします。階段を上ります。左側でじゃらじゃらっています。空気が冷たくなりました。点字ブロックがあって階段を下ります。涼しい感じがします。後ろを台車のようなものが通っています。子どもが前を走っています。

——終点——

[B2]

「ちょっとスタート地点がわかっていないんだよな。ここがよくわからないんだよな。坂

道登って。この壁に沿って。「どこで曲がるんだったかな。このごーごーいう音がしてきたら。」ごーごーいう音。「ごーごーいう音を行きすぎて。いや、ここじゃないかな、も一ちょっと 先のような。」「晴眼者に説明できるようなものはないなあ。」さっきの改札。「ぶち当たりました。」点字ブロック。「これに乗るのかな。」「こんなのさっきなかったんだけどなあ。」自動販売機があつて。柱。坂道。「ここだ、ここだ。」「ありゃ、わかんなくなっちゃったな。」「こっからどっやっていったかな」

——終点——

[B3]

左で改札があります。坂を上る。壁。柱。下ががさがさの狭い通路。音楽がなってます。ガーガーいってます。魚のにおい。レジ。左になんか抜けてます。右から風。「行きすぎたかな、あれ、曲がりましたが、感じが違う。足元が変わるんですけど、変わる所を曲がるところが見つけれない。」「ちょっとだけ戻ってああ壁だなあと思ったから。なんとなく人が流れたんで わかったんですけど。もうちょっと手前で曲がるんだったかなと思って戻ってはみたんです。」足元が変わりました。傘袋を持った人がいます。開けた空間。右でレジの音がしてます。左は壁。涼しい。がさがさしてきました。改札の音がしてきました。券売機が右にあります。左で地下鉄の改札右に改札、東武改札です。曲がります、点字ブロックがあつたので。ほんの匂いがします。狭い通路、空間。レジ。がやがやしてきました。柱。右から人、左から人がきた、曲がります。坂道。右に自動改札の音。左は壁。券売機の音がしてきました。階段。階段がある。両側にお店。お菓子みたいな。服のにおい。おかしの匂い。がわざわしている。柱。地下鉄の音がしています。人が歩いている。左がざわざわしている。脚がつるつる。人が入ったりしている。斜めになってきたので、そのまま曲がります。「あ違う、ここじゃ違うような気がする。」「あ違うかな、ここだ。」坂、まっすぐ。電話の音。甘い匂いがする。

——終点——

[B4]

左側に改札があつて、坂を上りました。ちょっと狭くなって。やっぱり上から音楽がなってるような気がします。「さっきもしたんですけど 何かわからなくて。」けっこう狭いというか、すごく閉じられた感じの右にも左にもいけないような。ちょっと左へ曲がったかな。換気口のような音が右側にします、いま通り過ぎました。左側になにかお皿のような音がします。へんな音がします、風の音みたいなのが右の上にして。左に壁が、壁じゃないや柱かな。券売機かな。開けました。ちょっと広い所に出て。なんかお店のような雰囲気。人がいっぱいいます。左に改札があつて。右にも改札があつて。正面に壁っぽい物が。なんだか右へ行くところがあつて。点字ブロックがきれいでした。狭い感じのする道。

電車が右上を走っていきました。坂を上ってきました。階段があります。6段。狭くなってきました。なんかラーメンのような匂いが。おかしとかパンのような匂いがします。なんか壁かな、あれ柱かな。ちょっと右へ曲がりました。柱がありまして。左の方が高い道ですね。お店の宣伝の声が左側に。階段上っちゃいます。お店があるみたい。おかし匂い。

——終点——

[B5]

えっと、柱にぶつかってしまいました。「なんだなんだ。」 あ、そうだ、のぼってる感じがします。えー、通路です。先程よりは...あ、そうですね、こういう、人が減った感じを先程も感じましたが。えっと、広がった感じが、普通、あれ、右の方にしたんですが。えっと、今足元に、えーと、一つありました。と、左の方に空間を感じました。えーと、同じようなのが続いています。少し雰囲気が変わった気がします。反響がしなくなりました。と、足元が変わりました。えーと、左右の多分所に出たような気がします。えーと、右に曲がります、違うかもしれません。風が強くなってきます。えーと、えーと、足元が変わりました。えーと、結構広い通路です。えーとえっと、右に壁があります。えーと、通路になってるみたいです。と、あ、店があります、右の方に店があるみたいですが。えーと、広がるような感じがします。「えーと。と、あ。 えー。」えーと、右に券売機で左に改札を見ました。左かな。えーと、狭くなりましたね。あ、子供の音がしていますので。えー、右に自動改札があります。えー、あれ、こんな放送がしたのだろうか。えーと、ずっと右に自動改札があります。えー、人が多いです、ちょっとよく分からないんですが。えーと、左に券売機かな。あ、右に壁が。人が減ってきました、通路です。えーと、上から音がしますが。「えっと。」えーと、広がりがあります。「えーと。」あ、ファーストフードの香が、あれ、したと思ったんですが。「えーと。」 えーと、坂を下っているようです。あーと、はい、普通になりました。「と」 えーと、右に自動改札です、左に壁です。えーと、誘導チャイムの音がしますが。えーと、次に右側に、えーと、券売機が現われました。えーと、今通過します。「えーと。」 えーと、広がった感じがします。「えーと。」 少し、傾斜があります、階段があります、のぼります。えーと、多分右の方にあると思うんです。左に壁を見てます。「えーと。」 ちょっと、右に階段があるような気がするんですが、なんか、まあ行ってみます。「えーと。」えーと、右に階段があるようです。左が壁見てます。歩きます。えーと、左になんかありますが、えー、無視して歩きます。えーと、人が少し減りました。えーと、こちらに店がありますが。えーと、ずっと、あ、この香がしてきますと。えーと、甘い香がします。「一体何処なんのでしょうか。」少しのぼってる感じがします。すぐ柱がありましたが。まっすぐ行きます。人がいました。えーと、出口が左にあるみたいですが。「何処でしょう。」

あ、左に階段があります、のぼってしまいます。えーと、外気が感じられます。下ってきました、確かこの辺で。えーと、階段おりてます。で、えーと、また、踊り場があって、越えます。おりきりました。えっと、左に曲がります。えーと、両方壁です、あー、でもないようでした。左から公衆電話の音がします。あとは壁になりました。あ、また店があるんでしょうか。右に曲がります。「えーと。」

——終点——

[B 6]

はい、いきます、さあさあ、早め、スタートいたしました。おっと、涼しいですね。クーラの... おっと坂をのぼりました、坂をのぼりました。多分東武の中だと思われませんが。おー、なんかにぶつかった。「こっちじゃなかったかな。」「あ、お?」「こっちだったかなあ。」「こっちの方か。」さあ、なんかルート間違えてしまいました。さあ、ルートとんでます。「と。」さあ、タイル板に変わりました。「さあ、きつい、眠いなあ。」右に階段が、おうっと、あ、すいません。えー、暑さが出てきましたが。狭い所になってまいりました。「確かこの。」ただ今、右折しました。広い所を歩いた。「おーっと、あ、いて。」「なんかにぶつかりましたけども。」柱で、おうっと、また柱が、出てまいりましたねえ。下がつつるつつしています。えー、人通りが大変多ございまして。狭い感じで狭い感じの所にやってまいりました。東武百貨店の放送をしておりますけども。あ、すいません。改札が出てまいりました。多分丸ノ内線でありましょうか。下りになったなあ。さあ、なんか広い、あ、広い所がやってまいりました、反響しますね、なんか。」吹きやすいよな、ここは風がなあ。あとは、なんか、この辺は、本屋があるんでしょうか、それっぽい匂いがしますけれども。えー、低い階段が出てまいりました。「この辺だったかなあ。」「うん、あ、ここだ。ここで、多分あるのでは。おや。」「ここじゃなかったかなあ。」「あれ、行き過ぎたかなあ。」あ、パン屋かな、横は。よし。やあ、いい匂いがするなあ。人が多いですねえ。「ん、あ、ここだ。ここら辺だなあ。」やっぱり人が多いなあ。この辺はなんでしょう。えー、なんかちょっと蒸し暑いですねえ。うー、なんか変に冷房の風が入ってきますが。あ、この辺は靴屋がこの辺にありますね。あ、階段がない。この匂いは...。「もっと向こうだったかなあ。」「あー、そうだ。あ、この辺だ。」今、柱をちょっと越えてしまいました、柱の手前に階段が。「この辺じゃなかったかなあ。もっと手前かなあ。あ、この辺かなあ。」

——終点——

[S 1]

風、上の方。今なんかぶつかった。なんか音楽聞こえる。靴の音、右の方から。後ろの方おばちゃんが大きい声で話している。うるさいのは風の音。なんかごーって上の方から音。



後ろの方からべたべたって、おばさん系。音楽。駅の近く。アナウンス。ああ、じやりんて。切符の自販かな。人が多い。さっきよりすごく人が多い。改札の近くじゃないかな。人の流れが多い。後ろの方を人がたくさんとおっている感じ。電車の音が上にあるからJRじゃないかな。人が少なくなった感じ。さっきより風を冷たく感じる。またじやりんで、自販かな、あそこらへんに駅があったから。ぼこぼこってというのがあって。坂、坂ですよ。ね。ピーって、電話かな。ばちやばちやっいつてるのは自動改札、ちがうかな。向かって歩いて来る人は少ないですよ。あんまり音がしないから。ああ、ぼこぼこってというのが。またぼこぼこ。靴音。風が上から。またぼこぼこ。ハイヒールのお姉さんが通り過ぎた、すれ違った。ピー、ピーってポケットベルじゃなくてなんだろう。なんか空気が、ケーキやさん、クッキーやさん、なんかステラおばさんのクッキー系みたいな、そういうあったかい匂い。すごい暑い。びっびっび、左の後ろの方から。また人が多くなって。上、JRかどうかわからないけど。さっきと比べて風が暑いぐらい。足音の数が。ぼこぼこ。サラリーマン風の普通の靴の音が、なんかフラットの。空気が冷たい。前を人が歩っている。後ろでおばさんが叫んでる。上の方がすごくざわざわ。ああ子どもが泣いてる。ぼこぼこ。また生ぬるい空気。男の人達がすれ違ったみたい、話していた。ちよっとつるつるした感じ

——終点——

[S 2]

駅構内っていう感じ。人がいっぱい、若い人の声。風の流れが冷たくなってきた。人がいっぱいきた。「行きすぎたような気がします。」「さっきの人がとぎれるっていうか、さっきいった地下道ほいとことざわめきのちよっと手前だったような気がするけど、いま人がまだまだ人がざわめいているから違うと思う。」「たくわんのにおいがする。生暖かくなってきて。人が多くなってきた。」「こんな歩いて来なかったような気もするしなあ。」「先の地下道は抜けてないですよ。」「急に人が増えてきたので大分来てしまったような気がします。」「かなり風が吹いています。盲人用のいぼいぼ。」「さっきのなんか食べ物のにおいがしたところへんだと思うんだけど。」「今度はパン屋のにおいがしなくちゃいけないんだ。」「男の人が歩いている。さきほどの地下道でしょうか。パン屋のにおいがしてきました。」「これを過ぎた所でまた右に曲がったような気がします。」「風が吹きぬけていったので通気口があるんじゃないでしょうか。思い出しましたこのスロープ。食品街っぽい所。女の人や子どもの声が聞こえる。おばさんが多い。いろんなにおいがする。最初の階段。」「いけふくろうが右手にあるはず。」「地下道通りましたっけ。」「だいぶコースから外れているような気がする。」「こんがらがってきてしまいました。」「記憶がふっとんじやいました。」「このへんはまた違う雰囲気だから曲がなくなっちゃいけなかったような気がする。」「もうちよっと手前だったような気がするんですけど、えらく雰

気が違っちゃいましたから、このざわめきがない所へんで。」「人が増えたからわかんなくなっちゃいました。」「180度振り返って帰ると思う。」「いけぶくろで折り返す。」いよいよ。「食べ物やさんがあった所で曲がったような気がする。」おばさんの声がする。「このへんかな距離的には。」人の流れが変わったような気がする。「人の流れを聞きながら道を曲がろうと思ったけど、どうも聴覚だけじゃだめらしい。」人の流れが変わった。

——終点——

[S3]

左側に階段の音？床が斜めに上がっている。左側に音楽。構内放送かな。右側上の方でなんか音がする。少し床の感じが変わった。左側に音が聞こえててきますが、横道か。掃除機でもないし、何かの噴射音。人の流れ前からの方が多い。右側広いのかな、あまり音が反響していない。上を電車の音。改札音が左、鉄の音。風の流れが少しあるな、左から右方向。右側にも改札。点字ブロック。下に盲人用ブロックがあります。左側にさっきの改札音、多分同じものです。左右人がいます、けっこう流れてる。ごみ箱の音？遠くで電車の音、後方。前方あるいは左前方あたりにおそらく階段がある可能性、あれハイヒールの音かな。右側で自動販売機か、清算機の音？左側の方、自動券売機。多分改札の音。風がけっこう強い、左から吹込んできます。上に電車の音、左から右へ、止まりかけている。右側改札の音。人通りがある。へんなブロック。左側改札の音？駅のアナウンス。人の流れが左、右あります。前に工事か掃除のメンテナンスの音。左側に人が多い。この匂いはさっきあったな、パン屋かなんかかな。正面か右側に階段？地下鉄の匂い、改札のそばだ。人の流れがあります。これは出て来る改札。階段の音がする。階段あります。駅員の声がします。改札。点字ブロック。左側人の流れ。ごみ箱の音。送風機の音。斜め下り。後ろへ抜けて行く人が多い。後ろから来る人も若干います。パン屋の匂いだなあ、いやお茶だなあ、多分調理している匂いが右側。

——終点——

## 付録 2

### 実験 2 におけるエラー分析

#### 被験者 S 1

S 1 第 1 試行	S 1 第 2 試行	S 1 第 3 試行	S 1 第 4 試行
開始	開始	開始	開始
T1-エラー (1)	T1-エラー (1)	T1-エラー (1) : 自力復帰する	T1-エラー (1) : 自力復帰する
T1-誘導 (2)	T1-O (2)	T2-O (1)	T2-O (1)
T2-エラー (1)	T2-O (1)	T3-エラー (1) : 正面の壁に接触している	T3-エラー (1) : 正面の壁に接触している
T2-O (2)	T3-エラー (1) : 正面の壁に接触している	T4-エラー (1)	T4-O (1)
エラー	T4-エラー (1)	T4-エラー (2)	終点を正しく定位して終了
エラー (自力復帰する)	T4-O (2)	T4-誘導 (3)	
T3-エラー (1)	終点の5m手前を終点と定位して終了	終点を4m程通過した地点を終点と定位して終了	
T3-エラー (2)			
T3-誘導 (3)			
T4-エラー (1)			
T4-誘導 (2)			
エラー (自力復帰する)			
終点を予定と変更して、途中で中断した			

#### 被験者 S 2

S 2 第 1 試行	S 2 第 2 試行	S 2 第 3 試行	S 2 第 4 試行
開始	開始	開始	開始
T1-エラー (1) : 離れた地点で転回した	エラー (自力復帰する)	T1-エラー (1) : 手前で転回して柱に接触	T1-エラー (1) : 通過して離れた地点で転回した
T2-エラー (1)	T1-エラー (1) : 手前で転回して柱に接触	T2-エラー (1) : 手前で転回した	T2-エラー (1) : 手前で転回した
T2-O (2)	T2-エラー (1)	エラー (自力復帰する)	T3-エラー (1) : 手前で転回した
エラー (自力復帰する)	T2-エラー (2) : 自力復帰する	T3-エラー (1) : 正面の壁に接触している	T4-エラー (1) : 3m通過して逸脱後、自力復帰
T3-O (1)	T3-エラー (1)	T4-エラー (1)	0.5m過ぎた地点を終点と定位
T4-O (1)	T3-エラー (2) : 自力復帰する	T4-O (2)	
終点を約8m通過した地点を終点と定位	T4-エラー (1) : 自力復帰する	終点を3m過ぎた地点を終点と定位	
	終点手前25~30mで終了		

#### 被験者 S 3

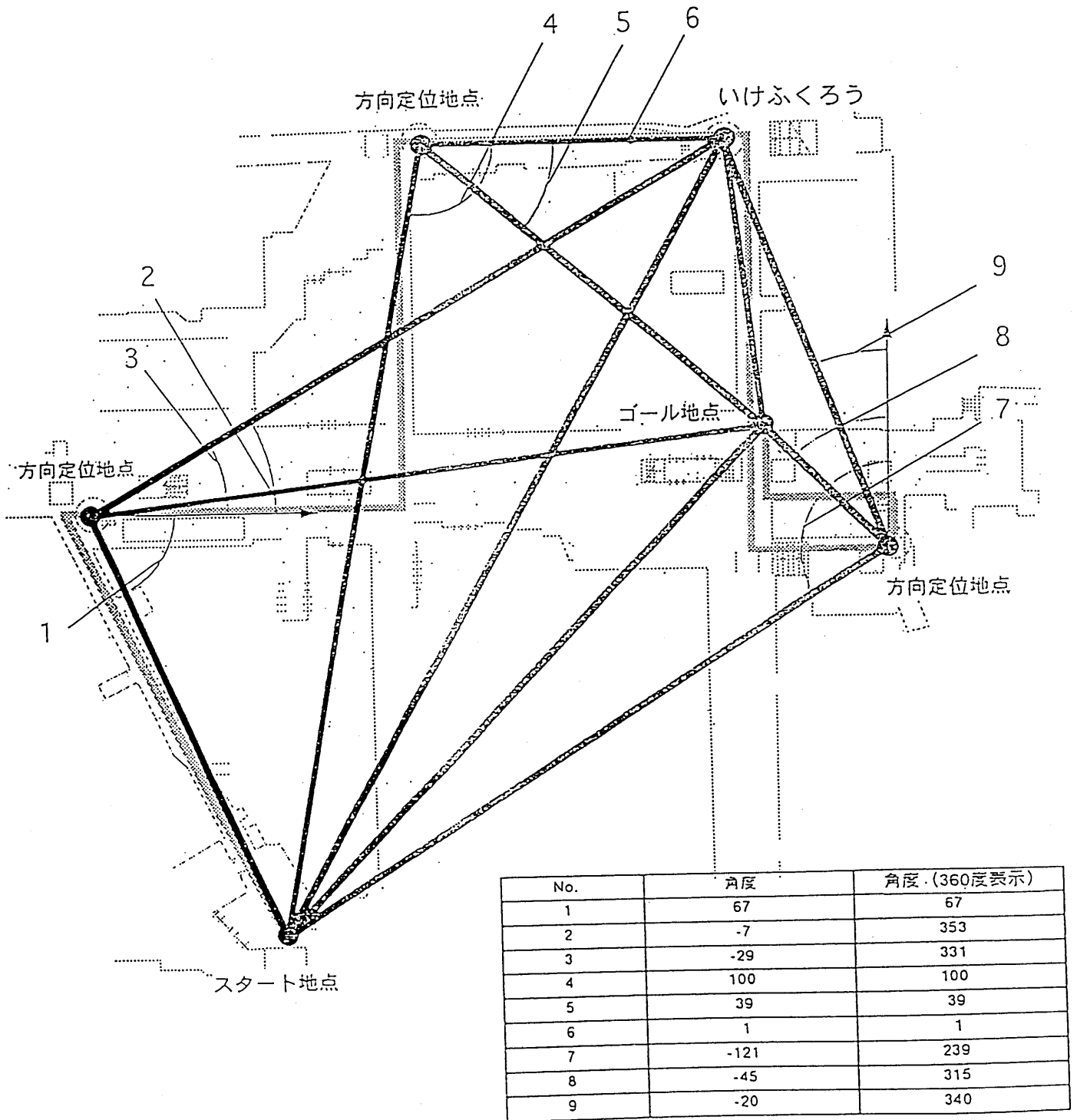
S 3 第 1 試行	S 3 第 2 試行	S 3 第 3 試行	S 3 第 4 試行
開始	開始	開始	開始
T1-エラー (1) : 自力復帰する	T1-エラー (1)	T1-エラー (1)	T1-エラー (1) : 自力復帰する
T1-O (2)	T1-O (2)	T1-エラー (2) : 自力復帰する	エラー (自力復帰する)
エラー	エラー	T2-エラー (1)	T2-エラー (1) : 自力復帰する
T2-エラー (1)	T2-エラー (1)	T2-エラー (2)	T3-エラー (1) : 5m手前で転回した
T2-O (2)	T2-エラー (2)	T2-誘導 (3)	T4-O
T3-エラー (1) : 正面の壁に接触している	T2-誘導 (3)	T3-O (1)	終点の手前0.5mの地点で終点と定位して終了
T4-エラー (1) : 約4m通過してから鋭角に曲がってルートに復帰	エラー (自力復帰する)	T4-エラー (1) : 約4m通過してから鋭角に曲がってルートに復帰	
エラー (自力復帰する)	T3-O (1) : 点字ブロック上で転回している	終点を0.5m通過した地点で終点と定位して終了	
終点の15m手前で終点と定位して終了	T4-エラー (1) : 通過した後、点字ブロックを踏んでから転回し、ルート上に復帰		
	終点手前7mの地点で終点と定位して終了		

# エラー分析例

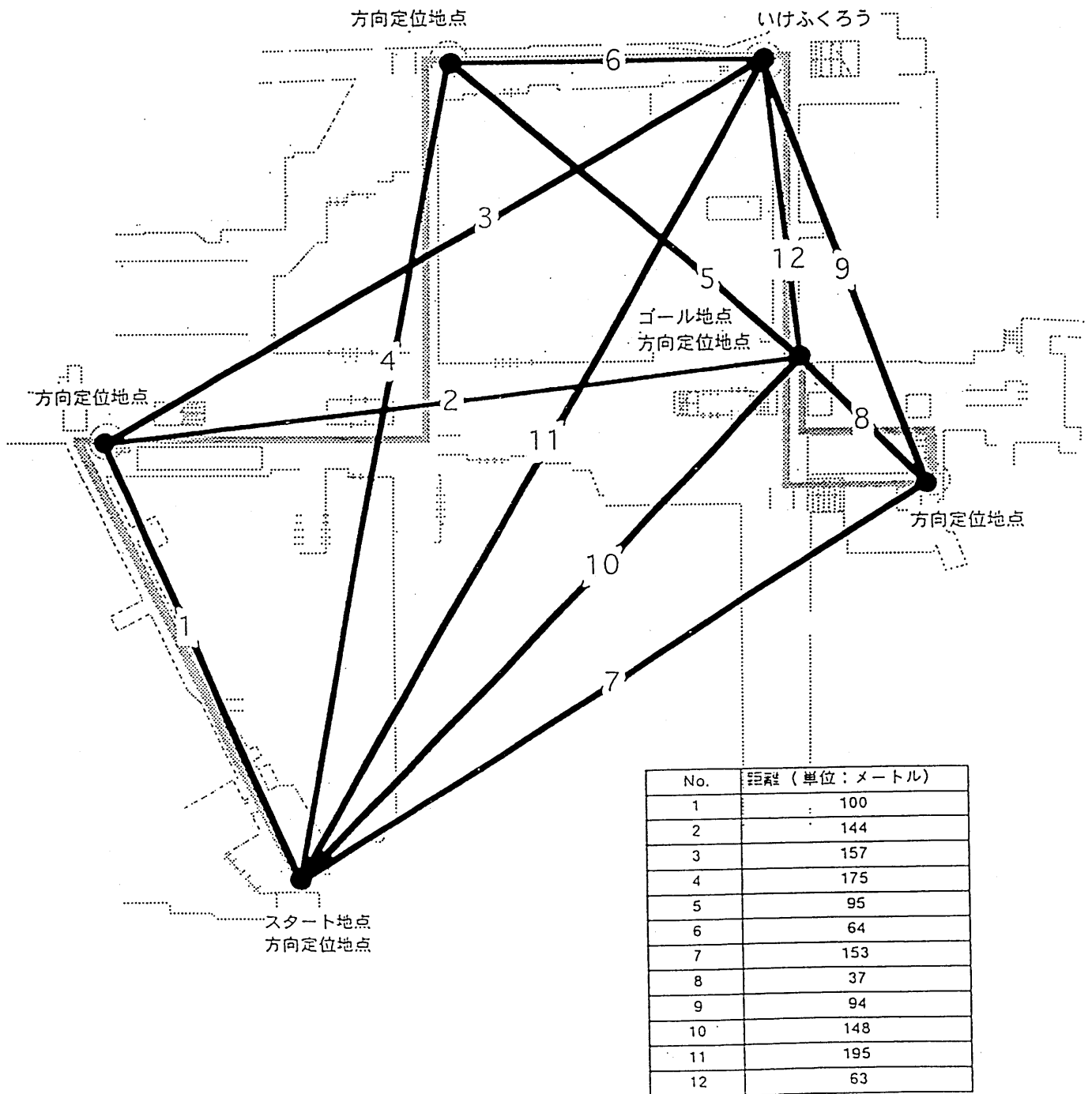
## S 1 第 1 試行

タイムコード		記 明	記 録
分	秒		
0	19	開始	開始
3	7	T1を通過、直進	T1-エラー (1)
3	15	柱の前で停止	
4	54	中断、修正	
5	18	T1にて正しい方向を向いて再開	T1-誘導 (2)
5	27	方向定位地点に到達、停止	
8	51	歩行再開	
11	12	T2を通過、直進	T2-エラー (1)
14	22	中断、修正	
16	42	T2より再開、左転回	T2-O (2)
17	49	停止、180度転回	エラー
21	17	中断、修正	
23	19	逸脱地点に復帰	
23	59	しゃがみ込んで床や壁を手で調べる	
24	27	左へ転回して進行する	エラー (自力復帰する)
24	37	食品店の前で停止	
25	4	180度転回、進行	
25	15	壁に接触、停止	
26	10	正しい方向に転回して進行	
27	32	T3を通過、直進	T3-エラー (1)
27	36	正面の壁に接触、停止、触って調べる	
28	0	左に転回・右の壁を手で触りながら進行	
30	12	中断、修正	
31	18	逸脱地点に復帰・再開するが、直進	T3-エラー (2)
31	52	正しい方向を教えて再開	T3-誘導 (3)
32	5	方向定位地点に到達、停止	
34	47	歩行再開	
36	52	停止	
36	56	歩行再開	
37	4	停止	
37	45	しゃがみ込んで床を触って調べる	
37	49	立ち上がり、すり足で前進	
38	5	停止	
39	0	中断して、T4に戻る	T4-エラー (1)
39	59	歩行再開、左転回して進行	
40	8	中断して、いけふくろうの位置を再び教える	
42	0	T4で正しい進行方向を教えて再開	T4-誘導 (2)
43	5	停止	
43	50	180度転回、進行	エラー (自力復帰する)
44	36	停止、180度転回、停止	
44	58	左転回して前進	
45	1	壁に接触、停止	
45	9	180度転回して進行	
45	17	扉の前で停止	
46	0	左転回 (正しい)、歩行再開	
47	11	終点にて終了 (中断)	終点を予定と変更して、途中で中断した

付録 3



付図 1 各方向定位地点及び対象地点間の角度



付図2 各地点間の距離

## おわりに

失明をした我々が外界のさまざまな対象を生き生きと知覚することが可能になるのだろうか。もし、自然界に存在する音を活用してコウモリのよ  
うに環境内を自由に「飛び回る」ことができれば、そんなすばらしいこと  
はない。こんなことを考え始めたのはちょうど5年ほど前だったであろう  
か。それから、今まで孤軍奮闘のすえ、ここまでたどりついた。今、一区  
切りをつけようとしている時、長い道のりのスタート地点に正に立とうと  
しているという感慨がある。

本研究をまとめるにあたり、様々な方々のお力添えをいただきました。  
本論文の執筆に当たり、筑波大学教授五十嵐信敬先生には長い間御指導を  
頂戴いたしました。まずは、感謝の意をここに表します。

実験を行うに当たっては、さまざまな方の援助をいただきました。実験  
1及び2では、朝居豊泰さんをはじめ多くの方に実験の援助をいただきま  
した。実験3ではサウンドハウス社の谷津さんの技術的なサポートがいた  
だけなかったならば、実施することが不可能であったと思います。谷津さ  
んに心よりお礼を申し上げます。実験4から6では、技術的な側面に関し、  
筑波大学付属盲学校教諭の間々田和彦さん及び筑波大学理工学研究科の嵯  
川友宏さんの御尽力を賜りました。ここに記して感謝申し上げます。

また、全ての実験を通じて、千葉大学の棚橋勝敏さん並びに東京大学教  
育学研究科の宮本英美さんに実験補助及びデータ解析をお願いいたしまし  
た。ここに記し、感謝いたします。

さらに、次の方々をはじめ多くのボランティアの皆様には多くの時間を  
割いていただき、図表の作成及び論文の推敲と校正をお手伝いいただきま  
した。筑波大学比較文化学類の後藤美和子さん、筑波大学人間学類の東里

美さん，筑波大学工学システム学類の戸川修さん，石田圭子さん，片山明美さん，永川淳子さんそして西尾美保子さん，佐々木淑子さんをはじめ並木朗読の会の方々には特に多くの時間を割いていただきました。ここに記して心より感謝いたします。

最後になりましたが，全ての実験に参加していただきました被験者の皆様に感謝の意を表します。数え切れないほどの多くの人々の御尽力に対する感謝の心を抱きつつここに筆をおきたいと思います。