

第4章 AgoraG の定量評価

4.1 首振り，および指さしを用いた志向認知実験

4.1.1 実験目的

本研究で提示する遠隔地にいる作業者の映像は，平面的なスクリーンに対する投影であるため，腕の振りや顔の向きなどによる領域の特定精度は三次元映像に比べると劣ると言える[宮里96]．しかし，指さしによる，最終的な場所の特定はレーザスポットを用いれば良く，腕の振りや顔の向きなどによる領域の特定はおおまかに行えれば良い．

そこで，平面的なスクリーンに投影された人物画像が示す首振り，あるいは指さしの映像を見た被験者が，どれくらいの精度でさし示されて領域を特定できるか調査した．

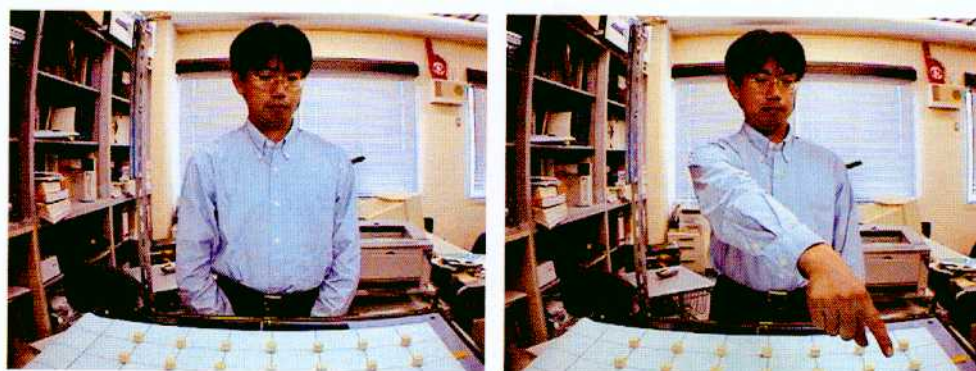
本実験は，コミュニケーションにおけるフィードバックを支援した実画像通信システムを構築するための要件として，第2章で挙げた4つの要件のうち，

- おおまかな作業領域の特定を行う身体表現を支援すること

の要件を確かめるための実験である．

4.1.2 実験設定

全ての被験者が同じ条件で実験を行えるように，首振り，あるいは指さしを用いて位置を教示する画像はあらかじめ撮影したものを提示した．図4.1は教示画像の例である．教示画像と観察者の関係，および机上に置かれた指示対象物の配置は次の二種類を用意した．



(a) 首の振りだけによる場所の指示

(b) 指さしを伴う場所の指示

図 4.1: 教示画像

十字型配列 指示対象物を十字型に計 13 個配置した。配置は図 4.2 の通りである。この配置における実験は、左右方向、および前後方向の指示の正確さを確かめるために行った。

格子型配列 指示対象物を図 4.3 が示す通り、7 行 7 列の合計 49 個の指示対象を格子状に配置した。この配置における実験は、机上に拡がる全領域に対する指示の正確さを確かめるために行った。

なお、机上に置かれた指示対象物には 1 から 50 までの数字が振られている。ただし、6 番は欠番としている。

実験指示者の合図で開始し、観察者が指示された物体の特定を終了した時点で次の教示画像を提示する。なお、解答時間に関しての制限は行っていない。

4.1.3 実験結果

十字形配列における実験結果

十字形配列における実験結果を図 4.4、および図 4.5 に示す。

双方の実験結果より、左右方向への首振り、あるいは指さしを用いた指示は、高い精度で認識できていることがわかった。特に指さしを用いた実験の場合、中央

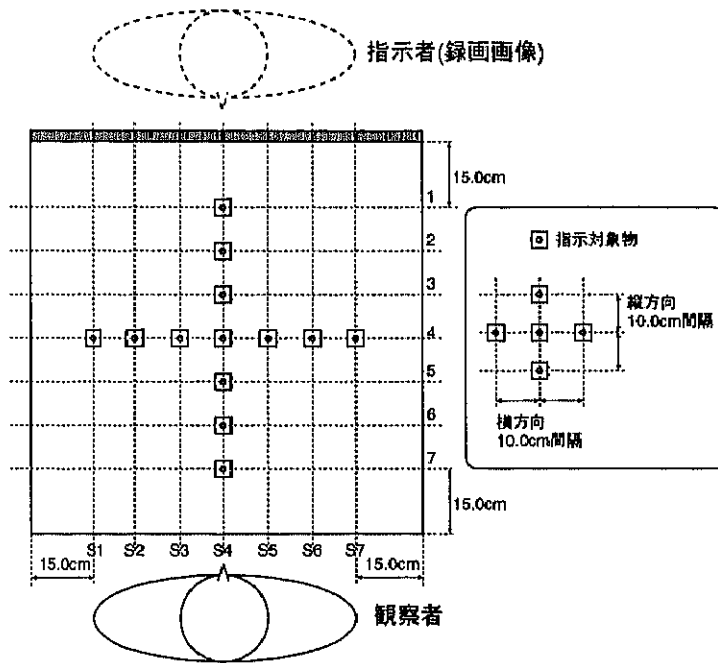


図 4.2: 首振り, および指さしを用いた志向認知実験 (十字型)

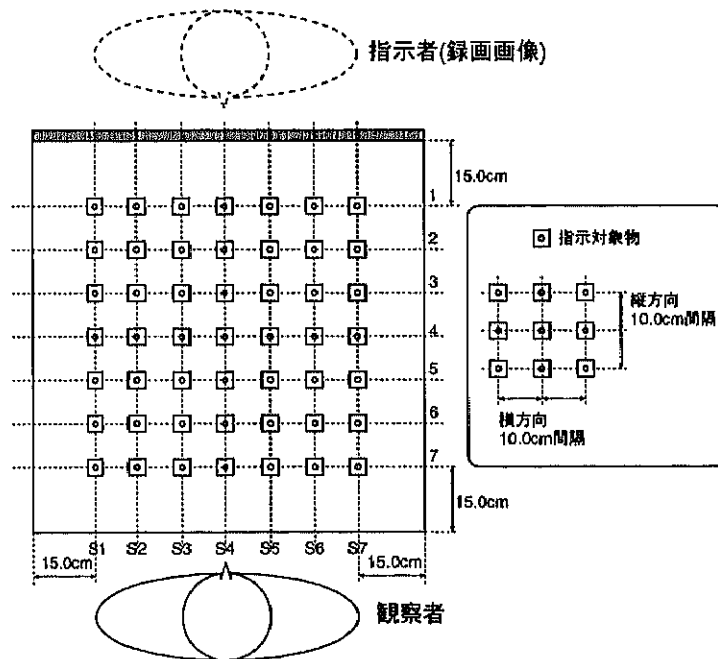


図 4.3: 首振り, および指さしを用いた志向認知実験 (格子型)

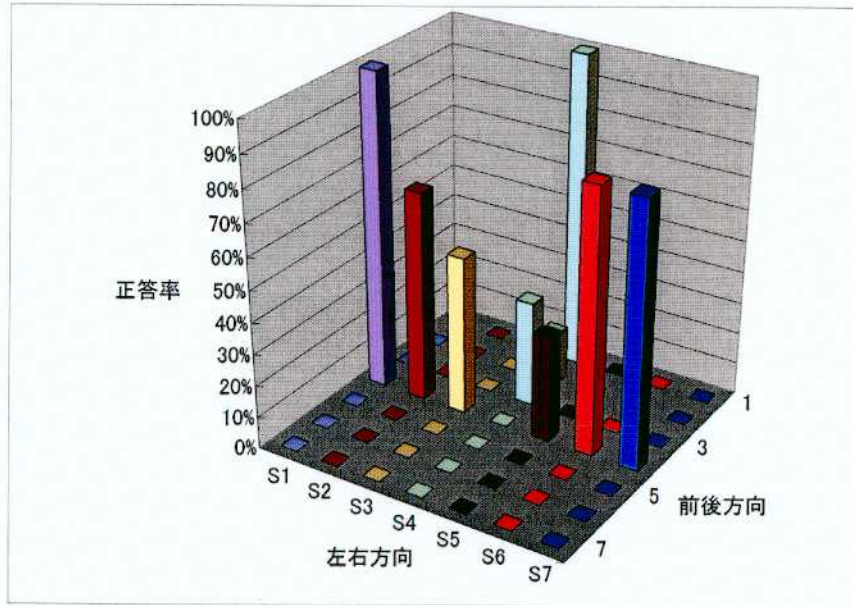


図 4.4: 首振り実験 (十字型)

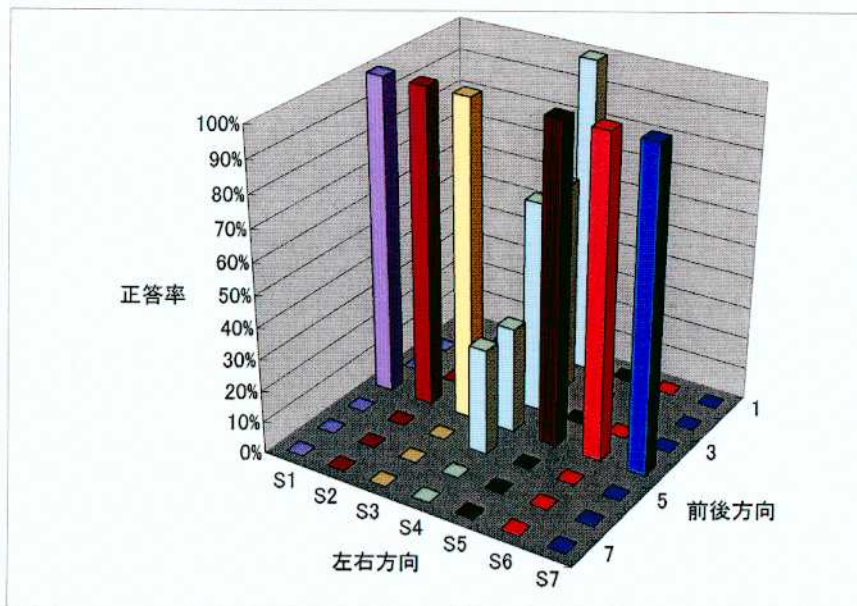


図 4.5: 指さし実験 (十字型)



図 4.6: S4 列における教示画像 (S4-1 から S4-4 まで)



図 4.7: S4 列における教示画像 (S4-5 から S4-7 まで)

を除いた他の目標では、正解率が100%であることがわかった。この実験では、中心付近に対する首振り、あるいは指さしに対しては精度が低い。これは中心付近に行くにつれ、選択可能な目印が増えるためと考えられる。

作業のための領域、例えば共同作業領域や個人作業のための領域は数センチメートル単位で存在するようなものではなく、ある程度の広がりをもった空間と考えることができる。また、腕の向きや顔の向きが示す志向は、おおまかな領域を提示する役割を持つため、顔の向きや首振りによる領域提示に関しては、この実験結果が示す程度の精度が出れば良い。

換言すると、この実験結果で領域の特定が高くなった場所を、作業のために分散させる領域とすることで、遠隔地の作業員、あるいはローカルな作業員の、腕や首の振りを用いた領域の特定は、より確実なものになると結論付けられる。

格子型配列における実験結果

格子型配列における実験結果を図4.8、および図4.9に示す。

前節で行った十字型配列に比べ、選択可能な指示対象物が増えたため、全体的な正解率は十字型に比べて低くなった。ただし、指さし実験においては、図4.9が示す通り、1行目、即ち教示画像に近い側(図4.3を参照のこと)に関しては、100%近い正解率を得ている。これは、図4.10、および図4.11に挙げた指さし画像の例も示している通り、この列に限ってはどの指示対象物を指示しているのか、教示画像から比較的容易に推測可能だからである。

4.2 格子を用いた遠隔指示実験

4.2.1 実験目的

本節で行う実験は、仮想共有作業領域におけるレーザスポットを用いた指示の有効性を確かめるための実験である。

本実験は、コミュニケーションにおけるフィードバックを支援した実画像通信システムを構築するための要件として、第2章で挙げた4つの要件のうち、

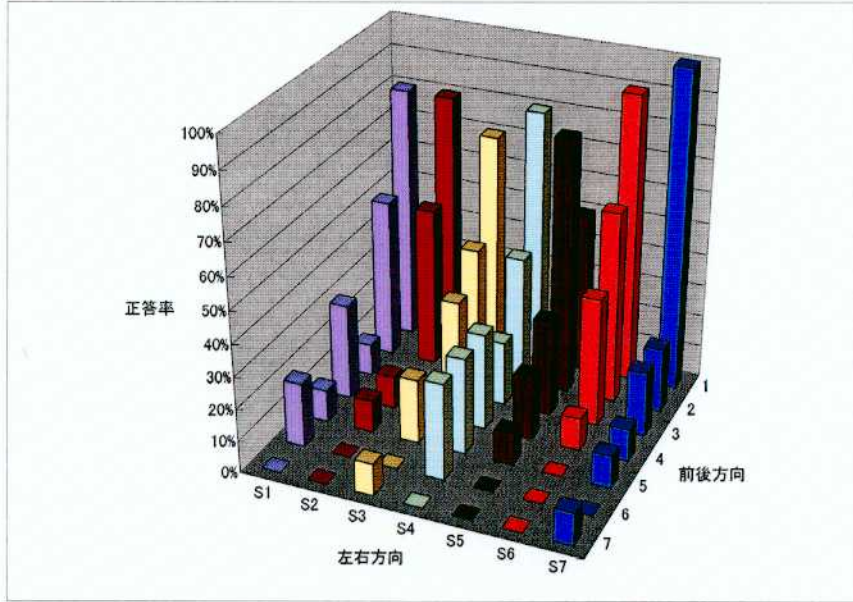


図 4.8: 首振り実験 (格子型)

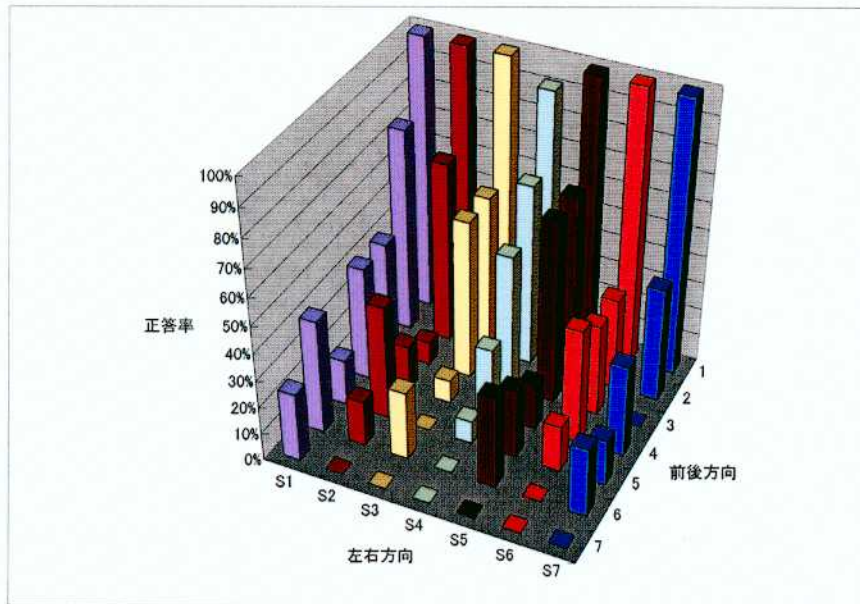


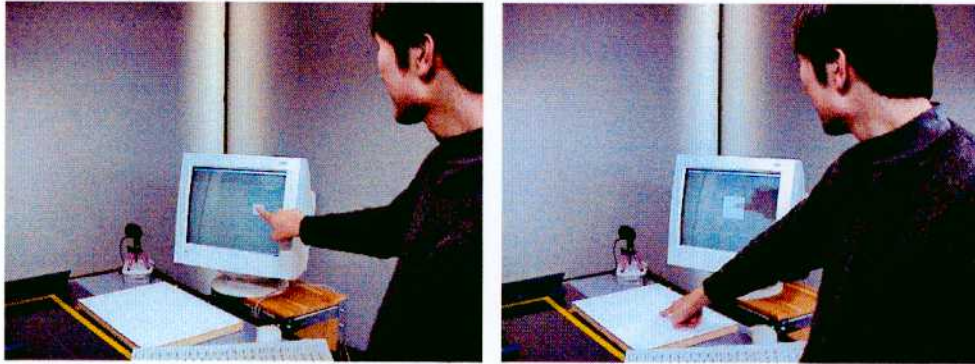
図 4.9: 指さし実験 (格子型)



図 4.10: 1 行目における教示画像 (S1-1 から S1-4 まで)



図 4.11: 1 行目における教示画像 (S1-5 から S1-7 まで)



(a) 対象物への直接的な指さし

(a) 対象物への間接的な指さし

図 4.12: 2種類の指さし方法

- 仮想共有空間に対する直接的な指示を支援すること,
- 仮想共有空間と現実空間との関連付けを支援すること,

を確認するための実験である。

4.2.2 実験設定

実験は2人1組で行い、一方を指示者、他方を被指示者とする。実験で用いた課題は、4, 6, 8, 12mm 間隔の格子が印刷された紙を被指示者側の書画カメラ領域に置き、指示者は指示書に指定された交点を1つの格子間隔に対して5点ずつ間接ポインティングによる指さしとレーザーポインタを用いた直接的なポインティング、2つの条件で指示を行い、一方で、被指示者は指示された点に印を書き込むというものである。被験者として工学システム学類の学生を中心に5組10人が参加した。実験では、はじめに指示者、被指示者ともに図4.13のように机の上に設定されたホームポジションに指示を行う手、および書き込みを行う手を置かせた。ホームポジションから書画カメラ領域の中心までは約55cm、タッチパネル画面の中心までは約70cmである。

指示者は係の「はい」という合図で指示を開始し、目的の場所を指示することができたと感じたら「ここです」と言わせた。被指示者は「ここです」という合

図の後に書き込みを開始し、書き込みが終了したら「はい」と言わせた。このように作業の区切りで合図を出すことで、指示者が指示に要した時間と、被指示者が書き込みに要した時間を測定した。実際には、録画したビデオテープから音声を取りだし、その音声波形を参考に時間を測定した(図4.14)。



図 4.13: 実験機材の位置関係

4.2.3 実験結果と評価

ここでは、エラーによる影響を減らすために5回の測定値の中央値を各被験者の代表値として議論する。以下に1回の指示に要した時間と1回の書き込みに要した時間の平均値および標準偏差を示す。

本実験では、被験者数が少なく母集団が正規分布に従っているか不明である。そこで、測定データの尺度水準を間隔尺度から順序尺度に下げてノンパラメトリック検定を行う。また、指示および書き込みには運動能力等の個人差が考えられるため、これらの影響を排除するために同一被験者に両方の条件で指示を行わせ、両条件で得られた対のデータを Wilcoxon の符合順位和検定を用いて比較した。



図 4.14: 波形の測定

検定の結果、すべての間隔において指示に要した時間、および書き込みに要した時間の両方も2条件間で母集団の分布に差があった(1回の指示に要した時間の4, 6, 12mmと書き込みに要した時間の6mmに関しては $p < .05$, その他に関しては $p < .01$)。

ここで書き込み時間に注目してみると、レーザスポットによる指示は格子間隔に関係なくほぼ一定であるのに対して、指さしによる指示は4mm間隔の場合、特に長い時間を要している。録画したビデオから観察したところ間隔が狭いほどしばらくディスプレイを見つめた後、何度も手元とディスプレイを照らし合わせながら書き込むといった動作が確認された。すなわち間接ポインティングによる指さしの場合、小さな対象物に対して指示を受けるときは相手の指さしの意味を確認し書き込む場所を決定するという動作に非常に時間がかかることが考えられる。

また、標準偏差の値もレーザスポットを用いた方が1回の指示に要する時間、書き込みに要する時間ともに小さいことから、空間認知等の能力に関係なく指示を行うことができると言える。

さらに、本システムを用いた指示は間接ポインティングによる指さしに対して高い正答率を示した(図 4.17)。

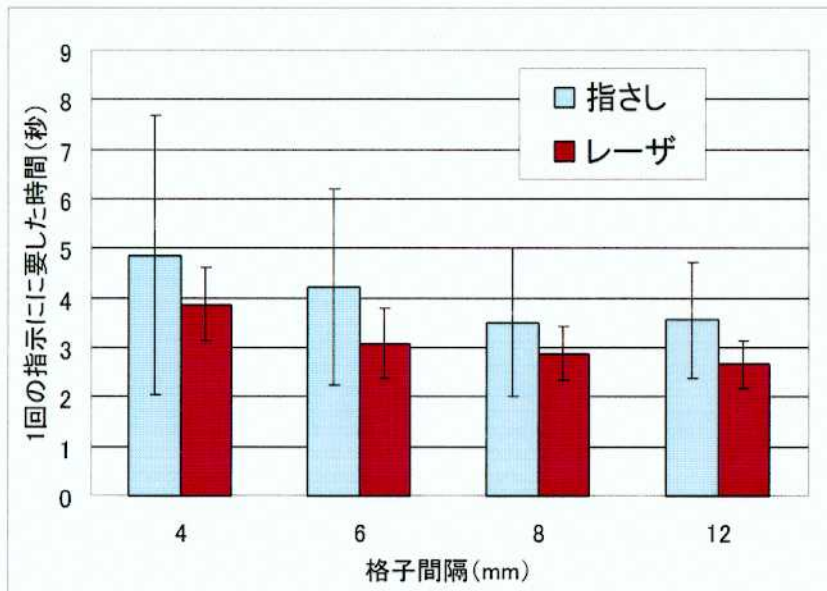


図 4.15: 1 回の指示に要した時間と標準偏差

レーザスポットを用いた指示は、実空間での指示とほぼ同様の正答率を示したのに対し、指さしによる指示は実空間での指示より若干高い正答率を示した。これは、Agora 上で指さしによる指示を行う場合はカメラで指を撮影してディスプレイに表示するため、指の厚さ等から起きる指示者と被指示者間での視差をなくすことができたからであると考えられることができる。

以上のような実験結果から、遠隔操作型レーザポインタを導入することで遠隔地間での指示を空間認知等の能力に左右されることなく、正確かつ素早いものに行うことができると言える。これにより利用者への負担を軽減することができ、よりスムーズで活発なコミュニケーションを期待することができる。

フィードバックが得られるコミュニケーションを実現するためには、第一に指示者が行う指示を正確に、かつ即時性を持って行えることが条件となる。本実験から得られた結果から、レーザスポットによって支援された直接的な指示は、コミュニケーションにおけるフィードバックを支援していることが確認された。換言すれば、適切なフィードバックを得ることが可能なコミュニケーションシステムを構築するためには、ユーザによる直接的な指示を支援する必要性が確認できたと言える。

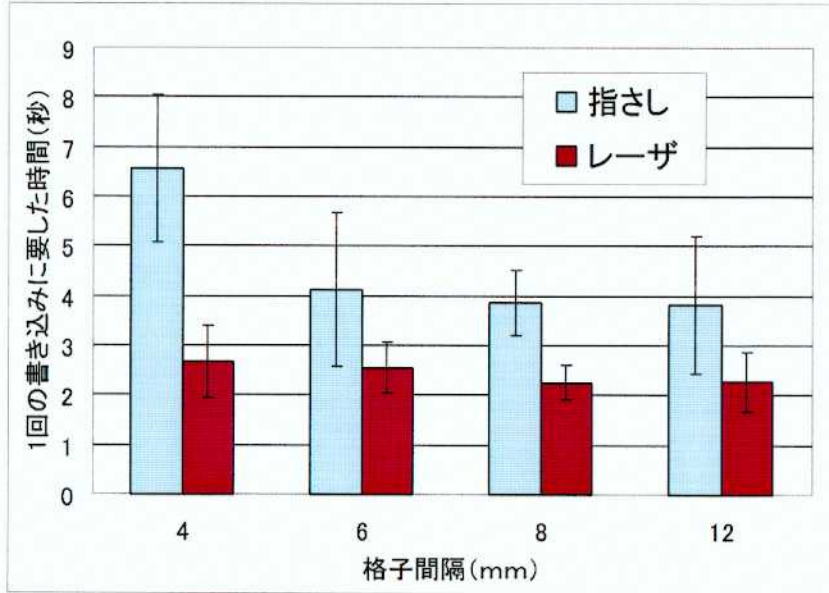


図 4.16: 1 回の書き込みに要した時間と標準偏差

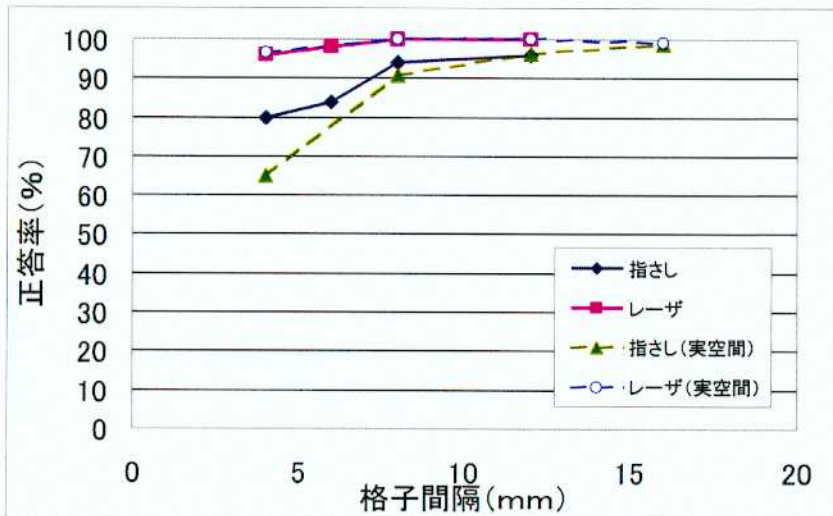


図 4.17: 格子間隔と正答率の関係