

### 第3章 健常者ベクトルアローマップの検討

#### 第1節 序論

接線成分のベクトルアローマップでは、心磁ベクトルに接線方向成分が含まれている限り二次元平面上での表示が可能である。心臓の脱分極、再分極のように、同時に複数の電流ダイポールが存在する場合でも、常に一番電流が強い部位の直上で磁気強度が最大になり、画像的に電流源と磁気強度パターンが対応するため、その視覚化が容易である。第2章で述べたように、直接計測による心磁の接線成分と、法線成分の接線方向への空間微分によって得られた計算上の接線成分は、厳密には異なるものであるが、ベクトルアローマップなどで心臓の電気生理学的現象をみる際には、計算上の接線成分を用いてもその特徴を得るには有効であると考えられるため、今後心磁の接線成分とは、64チャンネル SQUID システムで計測した法線成分心磁から導出した計算上の接線成分を意味することとした。この章では、健常者に対して心磁測定を行い、接線成分ベクトルアローマップを作成して、心房脱分極、心室脱分極、および心室再分極、すなわち心電図の P、QRS、ST-T に相当する時間帯毎にその経時的変化を検討した。また、初の試みとして背部からの心磁測定を行い、その有用性を検討した。特に P 波の時間帯においては、解剖学的に前胸部から最も距離のある左房の興奮が背部から視覚化できるか否かに注目した。

## 第2節 健常者における心房脱分極の心磁図

### 1) 目的

心房脱分極の心磁に関する報告は少ない[34]。これは、外部の電磁ノイズに比べて、心房脱分極の心磁は非常に微弱であり、計測が困難であったためである[33]。更に、左房の興奮による心磁は、その解剖学的位置により確実な計測はされていない[34]。我々は、64チャンネルSQUIDシステムを用いて心電図P波の時間帯の心磁を計測し、接線成分ベクトルアローマップから心房の興奮伝播過程の視覚化を試みた。

### 2) 対象と方法

対象は、心血管疾患の既往なく、標準12誘導心電図や身体所見上異常の認められない20名の成人男性。年齢は、21～44歳(平均 $30 \pm 6.35$ 歳)。身長 $171.8 \pm 4.7$ cm、体重 $68.15 \pm 9.22$ kg、Body Mass Index(BMI)は、 $23.10 \pm 3.01$ kg/m<sup>2</sup>であった。

筑波大学附属病院内に設置された64チャンネルSQUIDシステムを用いた。被検者は時計やバックルなどの金属をはずして磁気シールドルーム内に入り、まず仰臥位にベッド上に横たえた。大きな電磁ノイズの混入がないことをモニターで確認しながら、図1-4の測定範囲で前胸部より心磁計測を行った。同時に第II誘導の心電図をモニターした。次に、対象を腹臥位とし、図3-1に示すような測定範囲、すなわち前胸部からの測定範囲がちょうど背部に投影された範囲で同様に背部より心磁測定を行った。位置合わせには、レーザーポインターを用いて適切な位置にベッドを移動させた。また、呼吸は通常どおりしたままであった。

心磁測定時間は、仰臥位、腹臥位ともに30秒間とした。



得られた波形は1心拍ごと肉眼で確認しながら、同時測定した第II誘導心電図上のR波のピークをトリガーとして加算平均し、基線補正した。このデータをもとに、全例で接線成分のベクトルアローマップを再構成した（前胸部から測定したものを前胸部アローマップ、背部から測定したものを背部アローマップと呼ぶこととする）。前胸部アローマップ、背部アローマップともにP波の開始時刻を一致させて時間経過を表示するようにした。

### 3) 結果

全例で心磁計測可能であった。典型的な例を図3-2、図3-3に示す。

前胸部アローマップ（図3-2）では、全例で心電図上のP波の開始とほぼ同時に胸骨右縁上方付近に左下向きのベクトルが出現した。このベクトルは次第に大きさを増し、その最大ベクトルは、P波の開始から平均  $36.15 \pm 7.62$  msec で  $31.22 \pm 11.41$  pT/cm であった。その後次第に強度を減じ、P波のピーク付近まで続いた。これに引き続き、20例中13例において胸骨左縁上方付近に、左向きのベクトルが出現した。このベクトルは次第に左下方に向きを変え、P波終了前に消失した。このP波後半のベクトルにおいては、前半に見られたベクトルの強度の最大値を超えることはなかった。

背部アローマップ（図3-3）では、全例で以下のような現象が観察された。P波の前半は有意なベクトルは出現しなかった。P波のピーク近傍で、胸骨右縁上方付近に左向きのベクトルが出現した。このベクトルは次第に大きさを増し、その最大ベクトルは、P波の開始から平均  $66.35 \pm 7.05$  msec で  $12.33 \pm 3.99$  pT/cm であった。その後、やや左下方に向きを変え、P波の終了前に消失した。全症例で、背部アローマップにおける最大ベクトル値は、前胸部アローマップの最

大ベクトル値を越えることはなく、その比（背部最大ベクトル値/前胸部最大ベクトル値）は平均  $0.44 \pm 0.20$  であった。

図 3-4、3-5 に別の一例を提示する。この例では、図 3-2、3-3 で示した症例と異なり、前胸部からの測定では、P 波後半に見られた左向きのベクトルが観察されず、背部からの測定で観察された。

図 3-6 に、前胸部アローマップで最大ベクトルを示した測定ポイントとその例数を示す。最大ベクトルは胸骨右縁上方付近に多く認められた。図 3-7 に、背部アローマップで最大ベクトルを示した測定ポイントとその例数を示す。最大ベクトルは胸骨上方付近に多く認められた。

#### 4) 考察

健常者における 64 チャンネル SQUID システムを用いた心磁計測により、心房の興奮伝播の様子を接線成分心磁のベクトルアローマップという形で視覚化し得た。

心房の興奮は、右房の心内膜面で上大静脈と右心耳との接合部に存在する洞結節で発生し、両心房へ広がり心電図の P 波を形成する。右房の興奮は *taenia terminalis* に沿って速く伝播される。また、心房内伝導路としては 3 つのものが知られている。すなわち前結節心房路 (Backmann)、中結節心房路、後結節心房路である。左房への興奮伝播は、Backmann 東の分枝による。

前胸部アローマップでは、胸骨右縁上方付近に左下向きベクトルが見られた。これは、洞結節の興奮とその広がりを表しているものと考えられた。このベクトルは心電図 P 波のピークを過ぎる時点まで続き、引き続き左向きのベクトルが胸骨左縁上方付近に出現した。この左向きベクトルは、Backmann 東経由の左房への興奮伝播とその広がりであろうと考えられた。

前胸部からは、左房の興奮と考えられるベクトルは、全例では観察することができなかった。これは、前胸部からの左房の距離に起因すると考えられる。すなわち、磁場の強さは距離の二乗に反比例するため、左房興奮のベクトル強度は小さくなり、更に右房の興奮ベクトルと重なってしまう部分もあるため、視覚化できない例が存在すると考えられた。須見ら[34]の報告でも左房負荷症例においても前胸部から左房興奮の心磁が測定できない症例が存在した。

そこで我々は、これまで報告のない背部からの心磁測定を試みた。背部からの計測でも、左房までの距離は前胸部からと比べて大きく短縮はしない。しかし、左房の後面には強い磁場を発生させる臓器がないため、計測可能であると考えた。実際の測定では、右房の興奮ベクトルはほとんど観察されなかったが、左房の興奮は全例で観察可能であった。しかも、前胸部の測定のみからでは感知することのできなかった時間帯、すなわち右房と左房の興奮がオーバーラップする時間帯でも左房の興奮を分離して測定することができた。このような左房の情報は、弁膜症、例えば僧房弁狭窄症における左房の圧負荷、僧房弁閉鎖不全症における左房の容量負荷などの左房負荷の程度の診断、心臓手術前後における比較、例えば心房細動に対する Maze 手術後の左房の電気生理学的評価などに有用となることが予測される。

ベクトルアローマップで視覚化した両心房における起電力ベクトルの方向や興奮伝播過程の時間経過は、Durrer ら[97]による isolated heart の脱分極過程の検討と比較すると、非常によく一致していた。(図 3-8)

本節の結果より、接線成分心磁のベクトルアローマップによる心房興奮伝播過程の二次元的視覚化は、無侵襲で時間的空間的分解能に優れる心磁図の特徴も考慮すると、心房の調律異常や心房負荷などの心房疾患の診断手段の一つに適用する価値があることが予測される。ただし現在のシ

システムでは、(1) 前胸部と背部を同時に測定できないので、測定結果には時間的、空間的ずれが生じる、(2) カテーテルアブレーションなどへの応用を目的とした正確な診断には MRI などによる位置合わせが必要である、(3) 計測時の位置合わせに用いる胸部ゴムバンドの固定性が必ずしも良好とは言えず正確な再現性に欠ける、など改善すべき点も残されている。

### 第 3 節 健常者における心室脱分極の心磁図

#### 1) 目的

心電図上 QRS に相当する時間帯における心室脱分極の心磁図を記録し、ベクトルアローマップを作成することにより脱分極の電気生理学的現象の視覚化を試みた。

#### 2) 対象と方法

対象は第 2 節と同一の健常成人 20 例。64 チャンネル SQUID システムを用い、磁気シールドルーム内で心磁計測を行った。方法は、第 2 節に準ずる。前胸部、背部とも 30 秒間の測定で得られた心磁波形を同時測定の前 II 誘導心電図上 R 波のピークをトリガーとして加算平均した。これより、接線成分ベクトルアローマップを作成した。

#### 3) 結果

全例で心磁計測可能であった。典型的な例を図 3-9、3-10 に示す。

前胸部アローマップ (図 3-9) では、以下のような現象が

観察された。まず、QRS の開始とともに、左前胸部に右～右下向きベクトルが出現した。これは、次第に大きさを増しながらやや反時計方向に向きを変えていった。これと重なって、マップ中央やや上方に新たに左向きベクトルが出現し大きさを増していった。この時、心室脱分極の経過中最大の左下向きベクトルを観察した。最大ベクトルは、QRS の開始から平均  $33.8 \pm 4.76$  msec 後にみられ、その大きさは平均  $574.35 \pm 319.82$  pT/cm であった。また、心電図上の R 波のピークともほぼ一致していた。その後、ベクトルは左上方から上方、更には右上方へとその向きを変えていき、大きさを減じていった。QRS の時間帯における最大ベクトルを示した部位を図 3-11 に示す。

背部アローマップ (図 3-10) では、以下のような現象が観察された。前胸部アローマップで最初に見られた右向きベクトルに相当するベクトルは、確認されなかった。QRS の初期より左向きベクトルが優位で、時間経過とともにその方向をやや左下方に移しながらその大きさを増した。このベクトルに加えて、QRS のピーク直前ではマップ右下方に上～左上向きのベクトルが出現した。その後、両ベクトルが減弱した後、マップ中央部に右向きベクトルが出現、いったんピークを作りながら QRS 終末まで持続した。

以上のような左下向きベクトルと左上向きベクトルが混在する QRS ピーク付近において、19 例で最大ベクトルが認められた。このうち 10 例で左下向きベクトルにおいて最大ベクトルを示した。これは QRS の開始から平均  $29.2 \pm 5.20$  msec 後に見られ、その大きさは平均  $67.05 \pm 23.31$  pT/cm であった。9 例においては、左上向きベクトルにおいて、QRS の開始から平均  $36.44 \pm 5.05$  msec 後、最大値 (平均  $105.49 \pm 41.19$  pT/cm) を示した。QRS の時間帯における最大ベクトルを示した部位を図 3-12 に示す。

#### 4) 考察

64 チャンネル SQUID システムを用いて前胸部および背部から健常者の心磁測定を行い、心室興奮伝搬過程を接線成分心磁のベクトルアローマップという形で視覚化し得た。

前胸部アローマップでは、QRS の開始後右～右下方向きベクトルがみられた。これは心室中隔の興奮に一致していると考えられた。このベクトルは、20 例中 1 例においてのみ認められなかった。この例では、心電図所見上心臓の長軸まわりの回転があるため、心室中隔と測定面との角度が変わり、心室中隔興奮ベクトルの体表面に垂直な成分が優位になって心磁に現れなかったと考えられた。

心室中隔の右向きベクトルに加え、その上方に左向きベクトルが出現する。これは、左室自由壁の脱分極によるダイポールの出現によるものと考えられた。このベクトルは次第に増大し、QRS 波の時間帯における最大値を示した後、減弱していった。その後その方向は左上方から右上方へ変化した。これは、左室自由壁の脱分極の後、次第に心室基部に向かって脱分極が進行する過程を反映していると考えられた。

一方、背部アローマップでは、全例において心室中隔の興奮と考えられるベクトルは確認されなかった。前胸部アローマップにおける左室自由壁の左下向きベクトルの出現より早期から、マップ中央部に左向きベクトルが出現した。これは、心室中隔ベクトルとほぼ同じ時相であることから、左室心内膜面から筋層内を同心円状に伝搬する興奮波の、後壁に近い部分における接線成分を捉えているものと考えられた。このベクトルは、次第にやや左下方に向きを変え、左室後壁を伝搬する興奮波を表すと考えられるベクトルと融合していった。QRS ピークの直前より、左下向きベクトルに加えて、マップ右下方に上～右上向きベクトルが出現した。これは、心基部に向かう右室興奮波を捉えているものと考えられた。その後左下向きベクトルは減弱し、後壁の心基部へ向かう興奮を表すと考えられる右向きベクトルが

出現、QRS 終末まで持続した。

以上の結果は、Durrer ら[97]が 1970 年に心疾患の既往のない脳死の患者 7 人から死亡 30 分後に心臓を摘出し、心外膜面および心室壁内に多数の電極をおいて、心室内興奮伝搬過程を検討した結果とよく一致している。それによると、Purkinje 繊維の興奮を受けて最も早く興奮する心室固有筋は左室心内膜面の 3 箇所（1：心基部前壁の心室中隔に近い部分、2：心室中隔中央部、3：後壁と中隔が接する部分で心尖部から心基部へ向かって 1/3 程隔たったところ）であった。これらの 3 箇所で生じた興奮波は 20msec 以内に融合してひとつの興奮前面を形成し、急速に左室心内膜側のほぼ全域にひろがった。ついで興奮前面は心室中隔を左から右、心尖部から心基部に向かつて、また左室自由壁を心内膜側から心外膜側に向かつてほぼ同心円状に進行し、最後に左室後基部が興奮した。右室の興奮は左室心内膜側の興奮開始から 5～10msec 遅れて前乳頭筋基部の付近から始まり、右室中隔面および右室自由壁へと広がった。心外膜面への興奮の到達(epicardial breakthrough)は左室よりも右室の方が早く、心室興奮開始から約 20msec 後に右室 pretrabecular area に breakthrough が認められた。右室自由壁の興奮は、その後 breakthrough の部分から心室壁に対してほぼ接線方向に広がり、最後に右室後基部と肺動脈円錐部が興奮した。この Durrer らの報告は、動物実験によるいくつかの報告[98]とよく一致しており、現在のところ、ヒトの心室内興奮伝搬過程を最も正確に表すものであると考えられている[99]。

#### 第 4 節 健常者における心室再分極の心磁図

##### 1) 目的

心電図上ST-Tに相当する時間帯における心室再分極の心磁図を記録し、接線成分ベクトルアローマップを作成することにより再分極の電気生理学的現象の視覚化を試みた。

## 2) 対象と方法

対象は第2節と同一の健常成人20例。64チャンネルSQUIDシステムを用い、磁気シールドルーム内で心磁計測を行った。方法は、第2節に準ずる。前胸部、背部とも30秒間の測定で得られた心磁波形を同時測定の第II誘導心電図上R波のピークをトリガーとして加算平均した。これより、接線成分ベクトルアローマップを作成した。

## 3) 結果

全例で心磁計測可能であったが、1例でアーチファクトのため、背部のみアローマップを作成できなかった。典型的な例を図3-13、3-14に示す。

前胸部アローマップ(図3-13)では、ST区間では、優位なアローはみられず、T波が立ち上がる時点より左下方向きベクトルが出現、次第に強度を増してT波の頂点付近(QRS終末より $189.75 \pm 19.85$ msec)で最大値 $181.44 \pm 77.25$ pT/cmをとった。その後左下方向きベクトルは、殆ど向きを変えないまま、ゆるやかに減弱していった。

背部アローマップ(図3-14)では、左～左下方向きベクトルが終始みられ、ベクトル強度の盛衰は前胸部アローマップと類似していた。QRS終末より平均 $183.74 \pm 19.74$ msecにおいて、平均 $25.95 \pm 5.43$ pT/cmの最大ベクトルを示した。

ST-Tの時間帯における前胸部、背部のアローマップでは、PやQRSの時間帯と異なり、最大ベクトルを示した部位は、ある1点ではなく複数の点である例が多かった。



#### 4) 考察

ST-T の時間帯におけるベクトルアローマップでは、前胸部、背部とも左下方向きベクトルが優位であった。再分極の平均ベクトルは、左、下、前方に向かっていることが知られている。再分極過程は、脱分極過程と異なり、隣接する心筋の再分極の伝播によるのではなく、action potential duration (APD) に影響を受ける [36]。いわゆる心室グラディエントの概念により、心内膜側と心外膜側、心尖部と心基部では APD が異なり、そのため R 波と同じ方向のベクトルになると考えられる [135][136]。

一方、局所心筋同士の APD の分散が大きくなると、再分極の不均一性により接線方向に局所的な電流が発生する。Aronson ら [137] は、左室肥大ラットの実験で、APD の分散の増大により、局所的な接線方向の電流が増加したと報告している。Downar ら [138] は、ブタの虚血心筋において、さまざまな APD の分散が起こることを観察している。また、Cohen ら [28] は、心筋虚血症例における T 波の変化の検出は、心磁図の方が心電図よりも感度が高かったことを報告している。藤野ら [36] も、心筋虚血や心肥大による相対的心筋虚血で引き起こされる左室の負荷で APD の分散が大きくなり、再分極過程における不均一性の増加による局所的な接線方向の電流は、心電図よりも心磁図でより良好に検出されたとしている。以上のように、再分極過程では、心室負荷や心筋虚血による APD の小さな変化も敏感に捉えることができ、心磁図によってこれを検出することは、早期の再分極障害を診断するという意味で、臨床的に大きな意義があると考えられた。

## 第5節 磁気共鳴映像法(magnetic resonance imaging:MRI) 画像との重ね合わせ

### 1) 目的

二次元平面上へ再構成したベクトルアローマップにおけるアローの分布が、実際の解剖学的構造と一致するかを調べるため、MRI 画像と重ね合わせて検討した。

### 2) 対象と方法

対象は、心血管疾患の既往なく、標準 12 誘導心電図や身体所見上異常の認められない 39 才の成人男性。身長 180cm、体重 82kg であった。剣状突起に一致する皮膚にマーカーを置いて MRI を計測し、その冠状断層像と、同日に測定した心磁より再構成した各時相における前胸部ベクトルアローマップを重ね合わせた。

### 3) 結果と考察

P、QRS、ST-T それぞれの時間帯のベクトルアローマップと MRI 画像を重ね合わせたものを図 3-15~3-17 に示す。

P 波の時間帯では、P 波の開始から 80msec 後のアローマップを用いた。右房の右上外側付近に最大ベクトルがみられ、同部より左下方へ向かうベクトルが認められた。これは、洞結節から右房へ広がる脱分極を表していると考えられ、MRI 画像から得られた解剖学的位置関係と一致した。

QRS の時間帯では、P 波の開始から 255msec 後のアローマップを用いた。左室に一致する部位に最大ベクトルがみられ、その周囲に左下方へ向かうベクトルが認められた。心電図上も R 波のピークにはほぼ一致する時間であるため、左

室自由壁の脱分極を反映しているものと考えられた。

ST-T の時間帯では、P 波の開始から 489msec 後のアローマップを用いた。心電図上は、T 波のピーク付近にあたり、QRS と同様に左室に一致する部位に最大ベクトルが認められ、その周囲に左下方へ向かうベクトルが認められた。ベクトルの向きも左室脱分極と同一の方向であったが、QRS よりもやや下方に向かう成分が多かった。

以上のように MRI 画像と重ね合わせた結果、本症例では、いずれの時間帯においてもアローの動向はほぼ解剖学的構造と矛盾はなかった。但し、心磁と MRI を同時計測することは現在のところ不可能であるため、時間的、空間的ずれが多少なりとも生じている可能性は否めない。今後、多数の症例において MRI 画像との重ね合わせを行い、また心臓カテーテル検査などの他検査結果も考え合わせて、その一致度を詳細に検討していく必要があると考えられた。

## 第 6 節 小括

64 チャンネル SQUID システムを用いて健常者の心磁測定を行い、接線成分ベクトルアローマップを作成して、心房脱分極、心室脱分極、および心室再分極すなわち心電図の P, QRS, ST-T に相当する時間帯毎にその経時的変化を検討した。これまで報告のない、背部からの計測も試みた。

心房脱分極すなわち P 波の時間帯のベクトルアローマップでは、洞結節の興奮とその広がり、左房への興奮の伝播の様子を視覚化し得た。特に、左房への興奮伝播の様子は、前胸部からの測定だけでは視覚化できない症例でも、背部からの測定により全例視覚化できた。心房の調律異常や心房負荷の評価などの診断に有用であることが予測された。

心室脱分極すなわち QRS の時間帯のベクトルアローマッ

プでは、心室中隔から始まり、左室自由壁、心室基部へと脱分極が進行していく様子を視覚化できた。心磁図においては、センサからの距離が近いものの磁場をよく反映するので、前胸部と背部の測定では、時間帯によりベクトルの向きや強度が異なっていた。以上の結果は、Drrrer らの死体摘出心臓による実験結果とよく一致していた。

心室再分極すなわちST-Tの時間帯のベクトルアローマップでは、全例で前胸部、背部とも、終始左下向きベクトルが優位であった。これまでの報告でも、心磁図では再分極障害が心電図よりも鋭敏に捉えられるといわれており、心筋虚血などによる心筋障害の診断に有用性があることが予測された。

健常者の一症例において、前胸部ベクトルアローマップをMRI画像と重ね合わせた結果、P波、QRS、ST-Tいずれの時間帯においてもアローの動向はほぼ解剖学的構造と矛盾することはなかった。

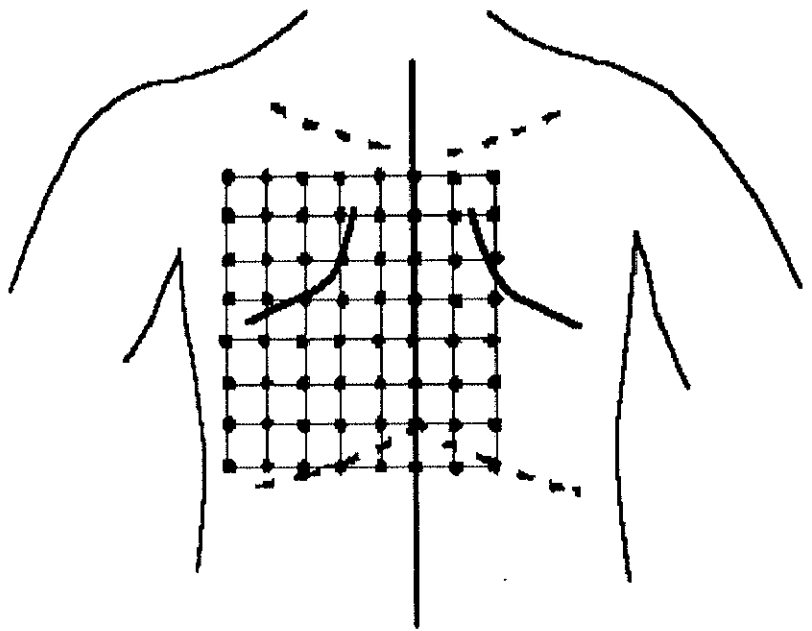


図 3-1 成人背部心磁測定範囲（成人、背部）  
前胸部からの測定範囲がちょうど背部に投影され  
た範囲になるように位置合わせをした。



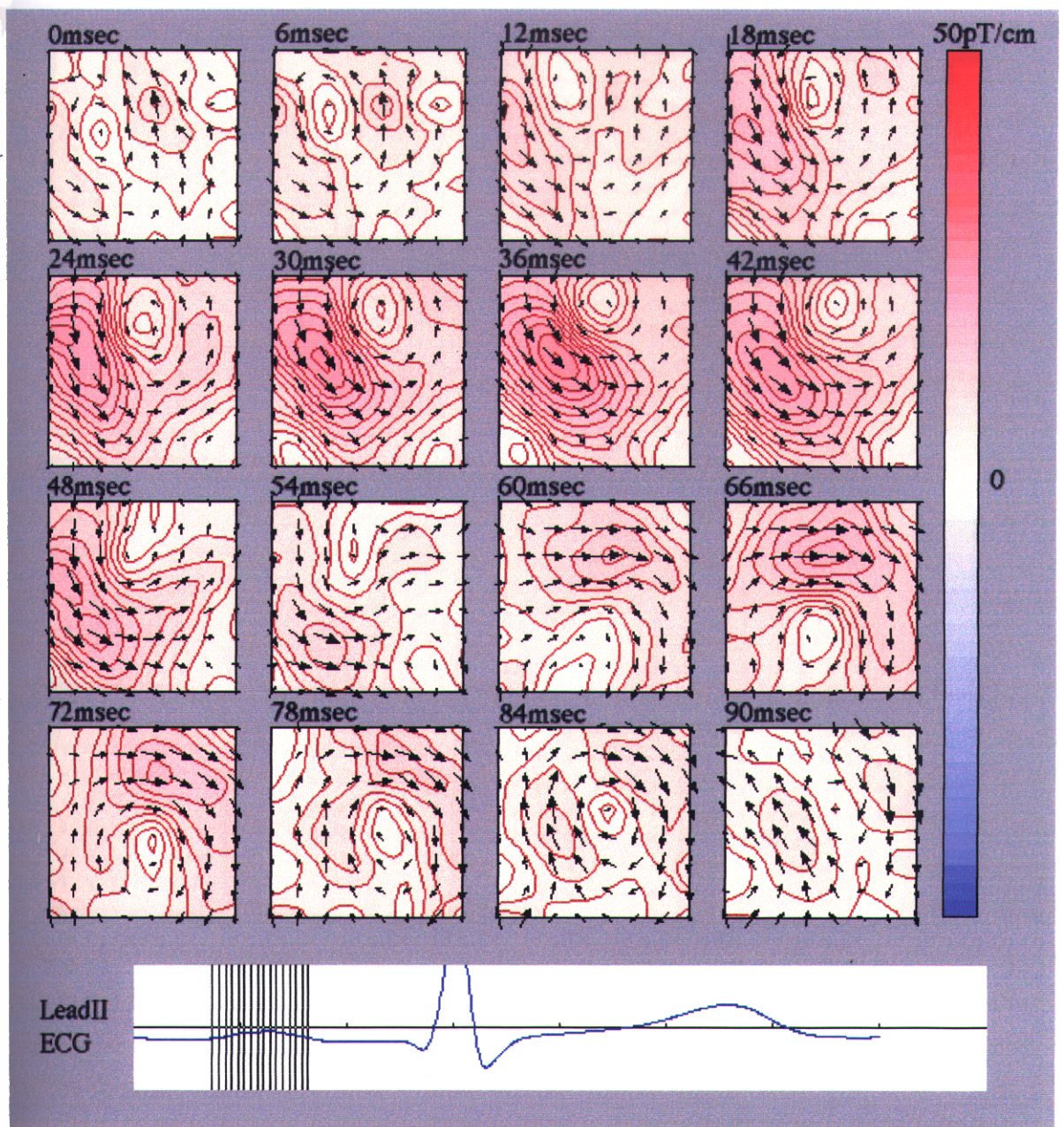


図3-2 P波の時間帯における接線成分ベクトルアローマップの例-1  
(前胸部からの計測)



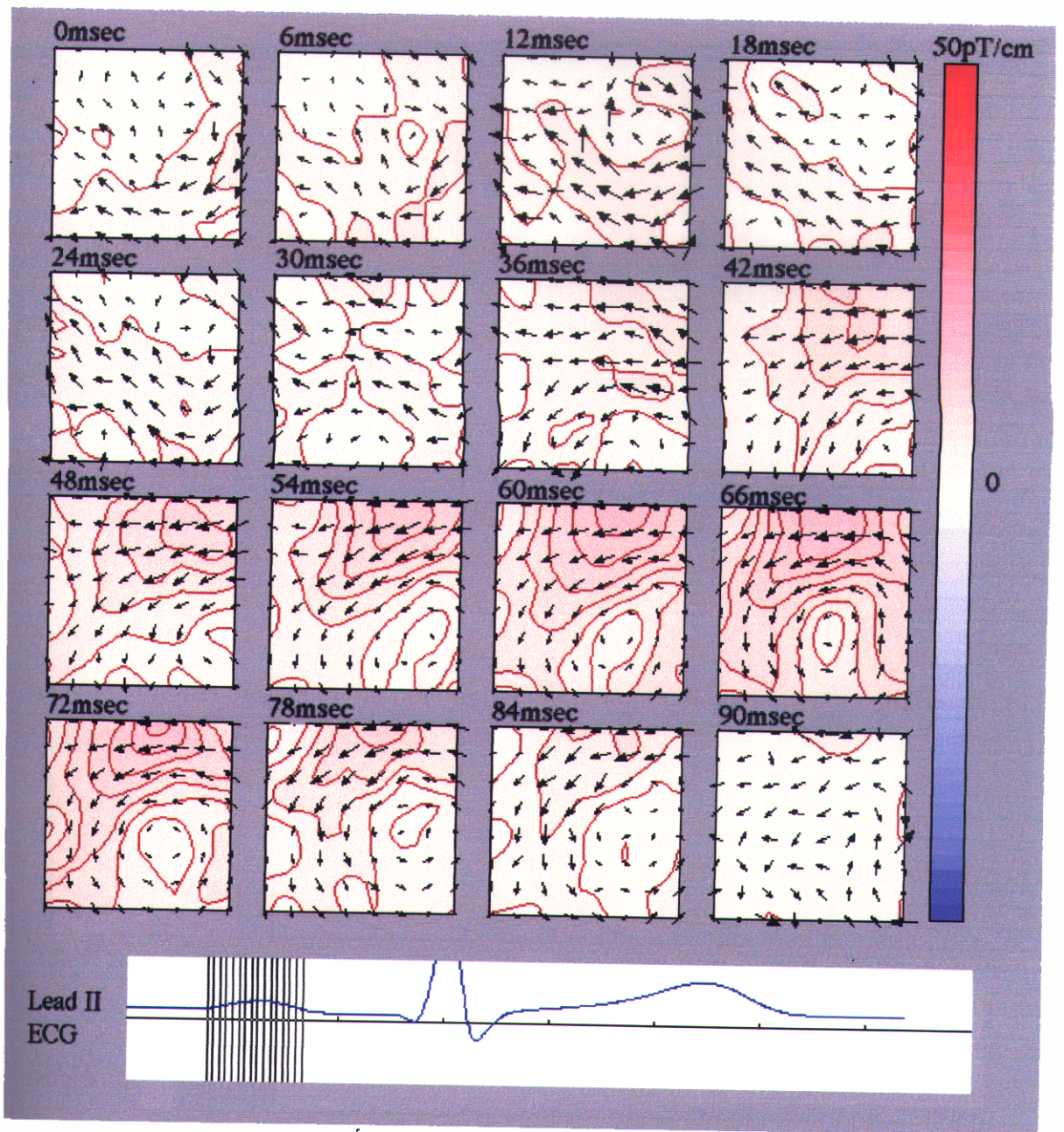


図3-3 P波の時間帯における接線成分ベクトルアローマップの例-1  
(背部からの計測)



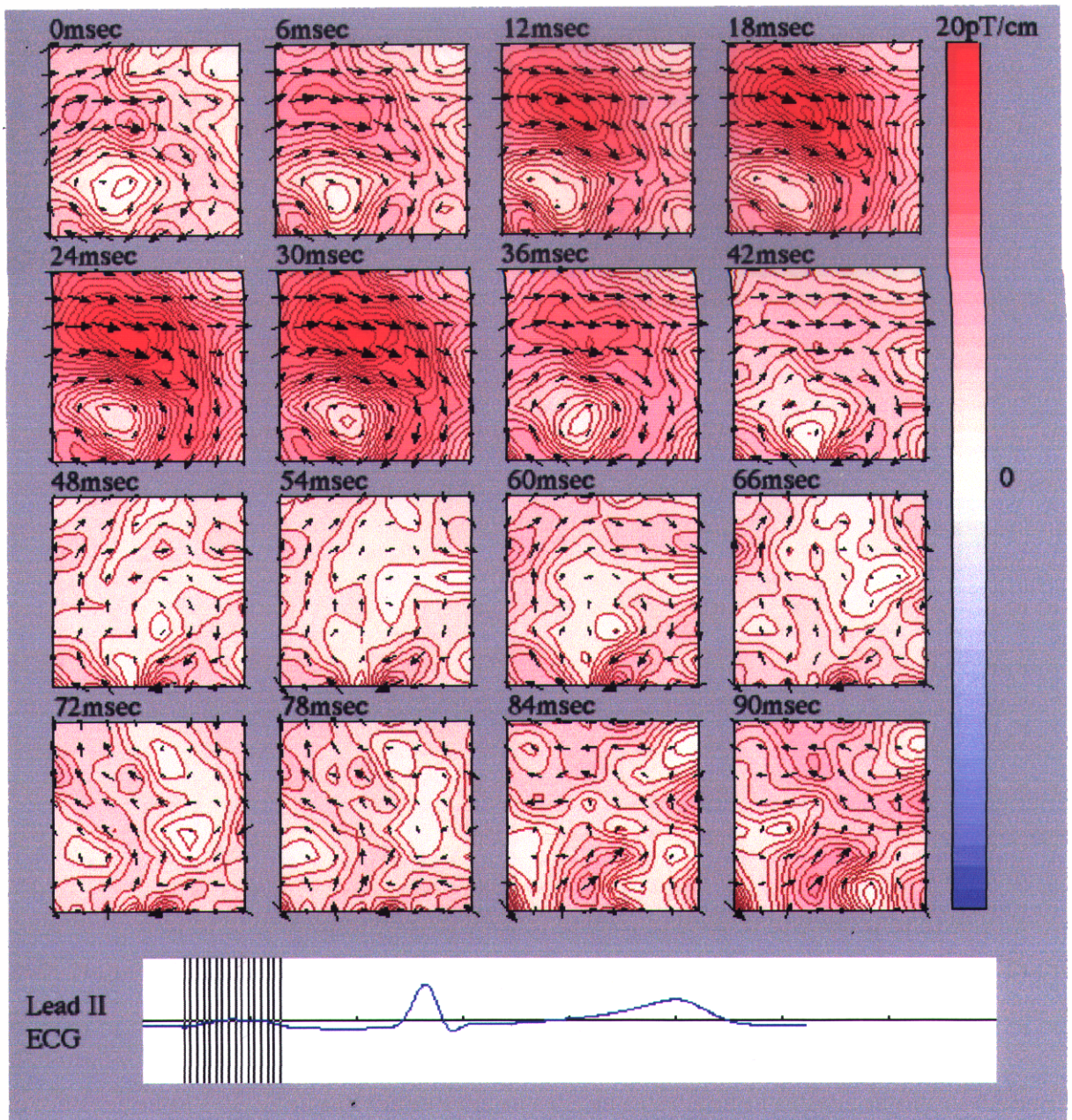


図3-4 P波の時間帯における接線成分ベクトルアローマップの例-2  
(前胸部からの計測)



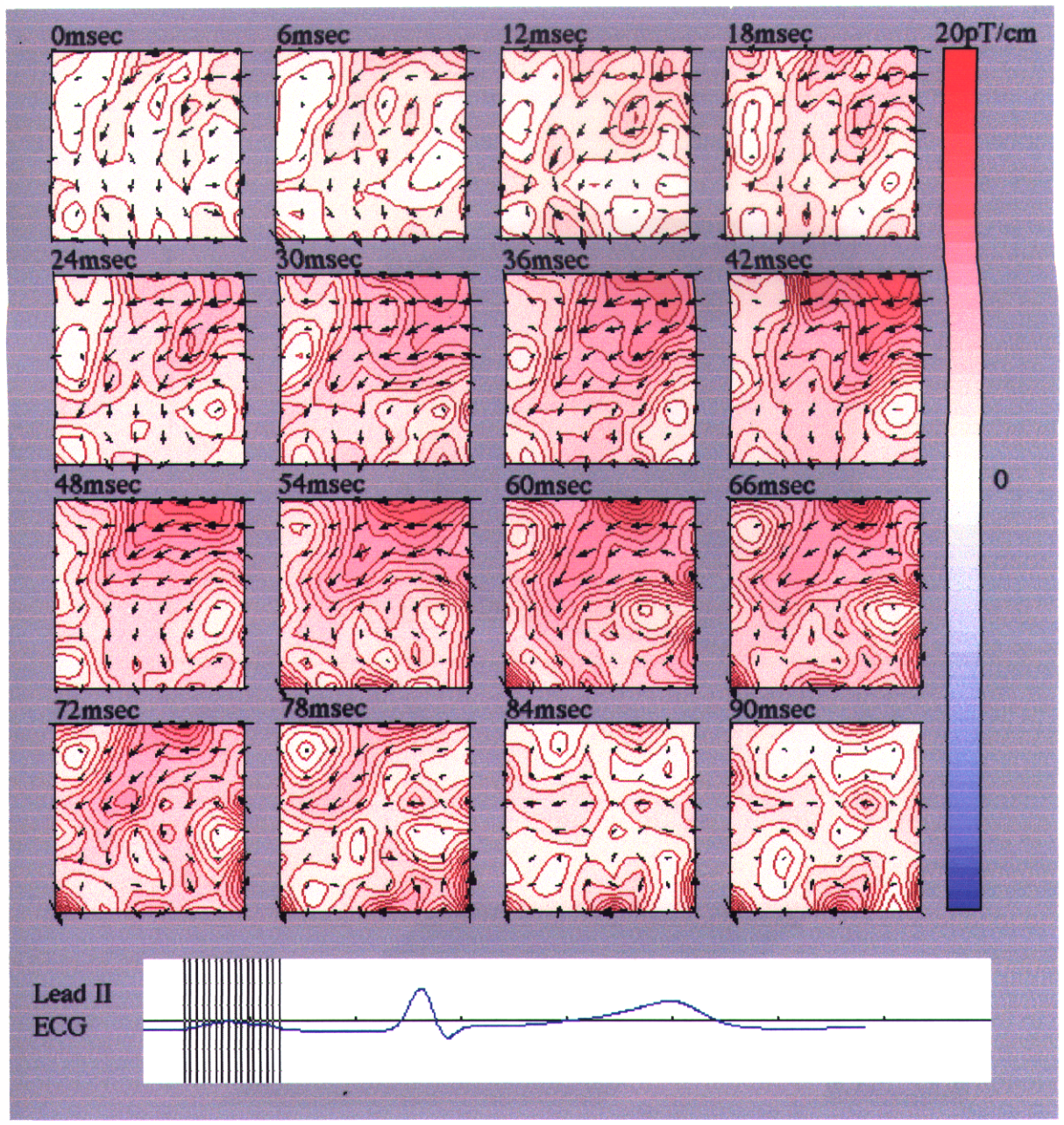


図3-5 P波の時間帯における接線成分ベクトルアローマップの例-2 (背部からの計測)



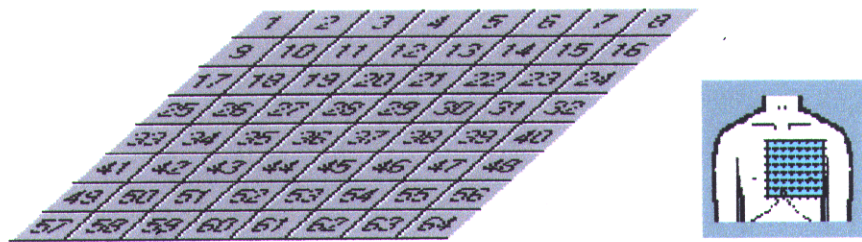
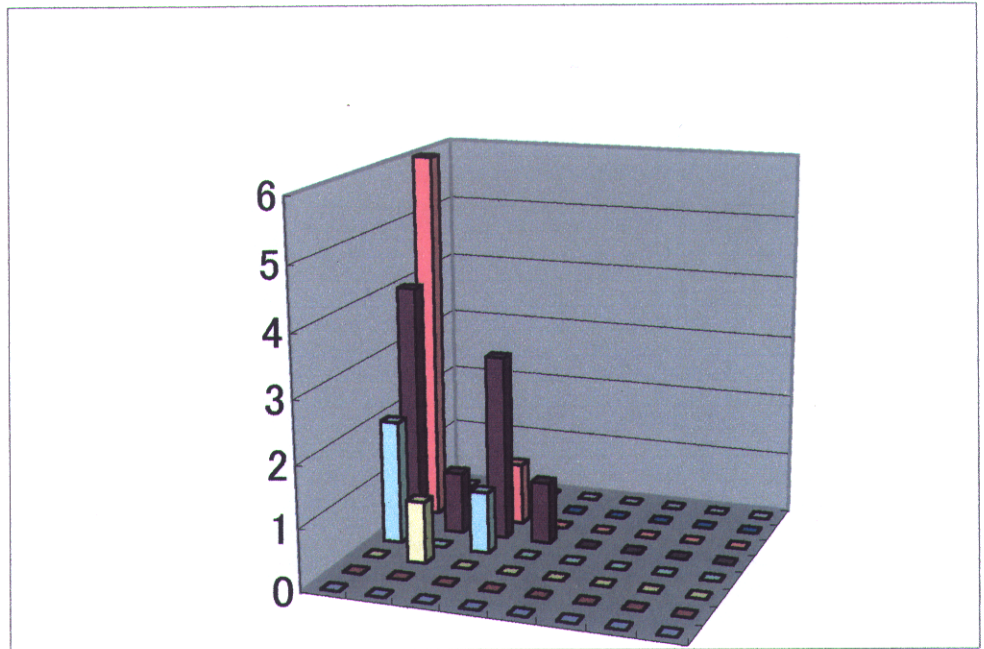


図3-6 P波の時間帯における前胸部アローマップで最大ベクトルを示した測定ポイントとその例数

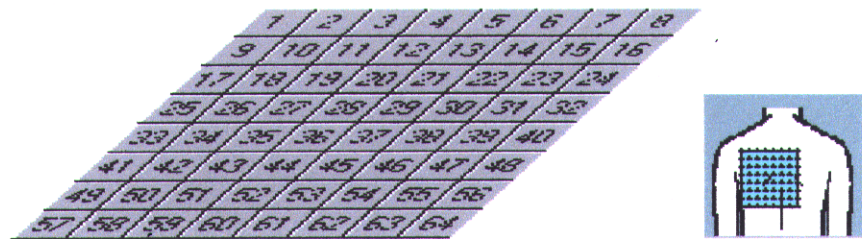
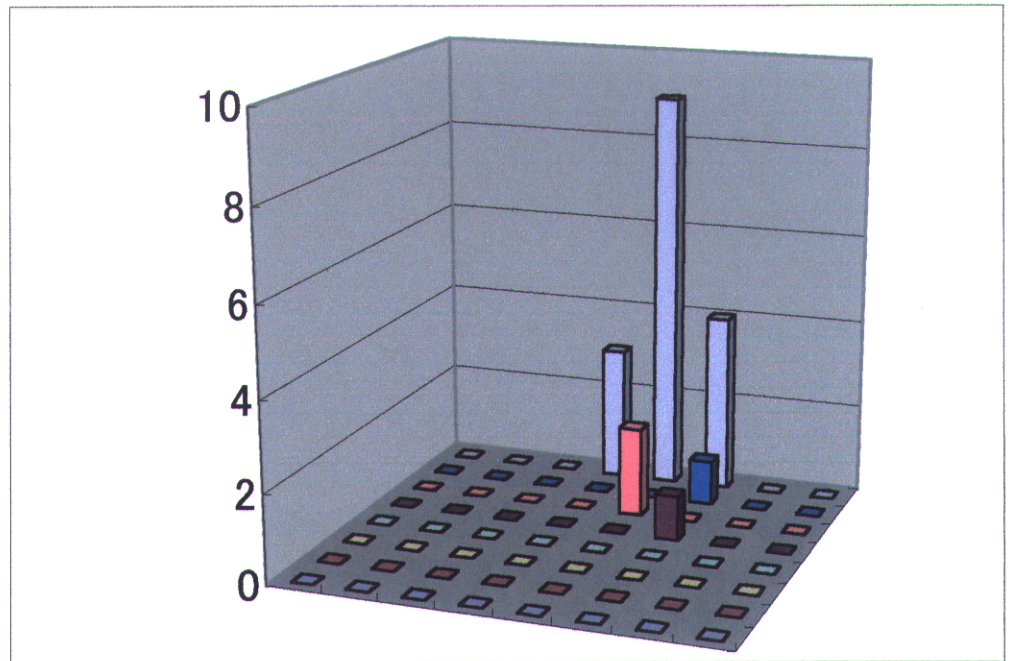
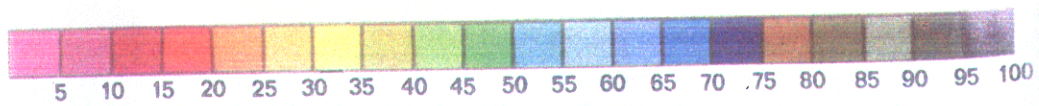
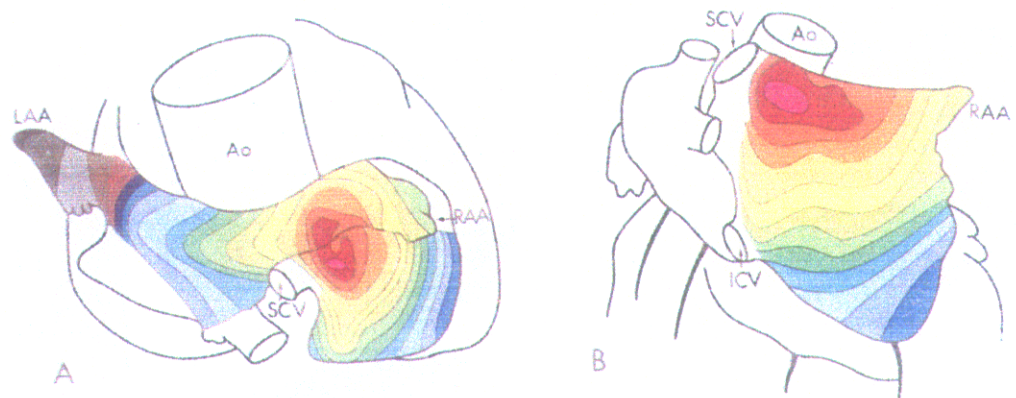


図3-7 P波の時間帯における背部アローマップで最大ベクトルを示した測定ポイントとその例数



*Circulation, Volume XLI, June 1970*

図 3-8 心房興奮伝搬の時間経過  
文献 [97] より引用



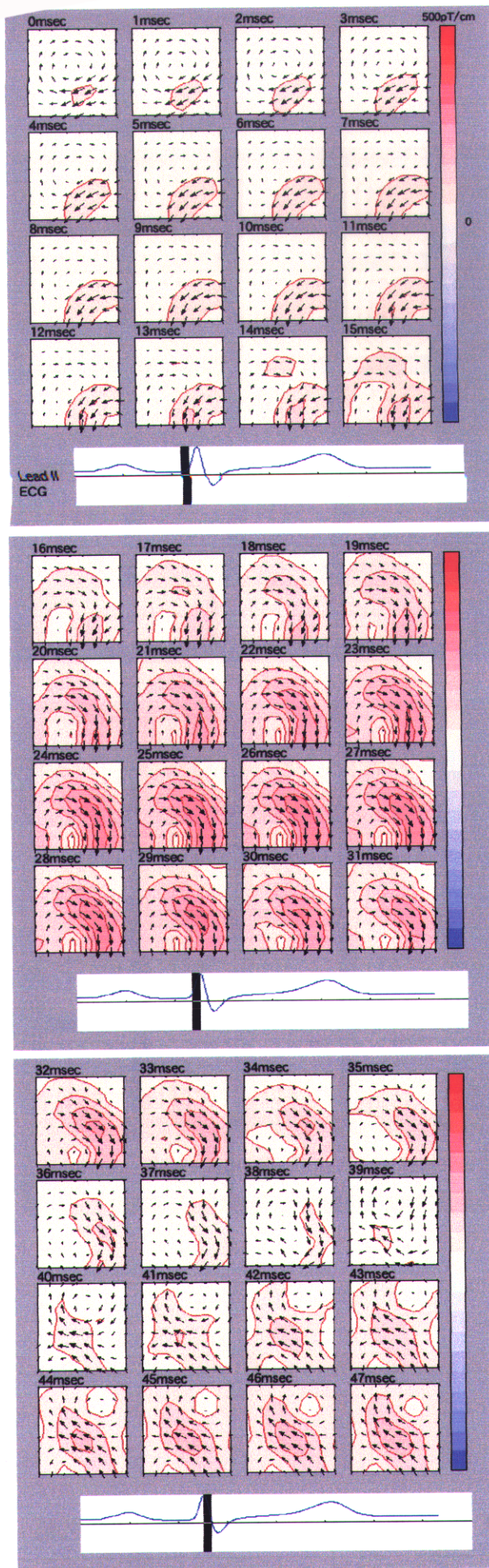


図3-9-1 QRSの時間帯における前胸部ベクトルアローマップ  
QRSの開始を0msecとした。(0-47msec)



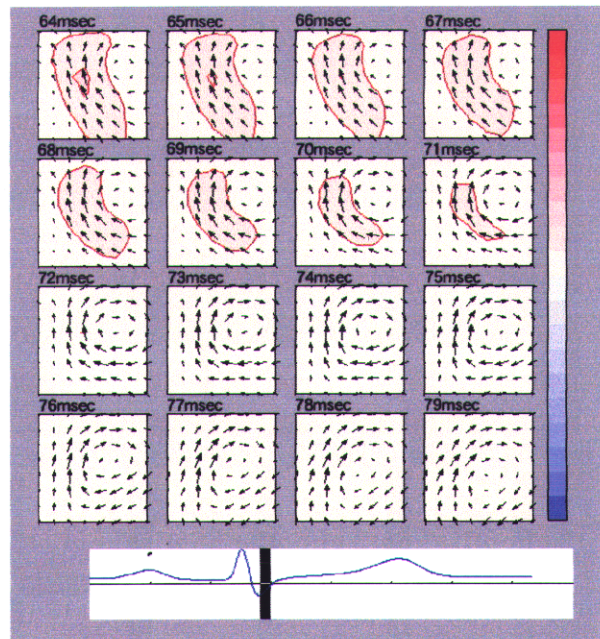
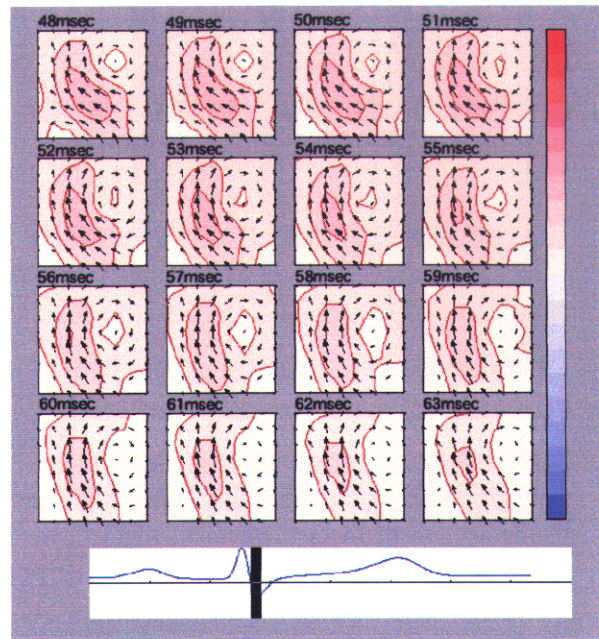


図3-9-2 QRSの時間帯における前胸部ベクトルアローマップ  
QRSの開始を0msecとした。(48-79msec)



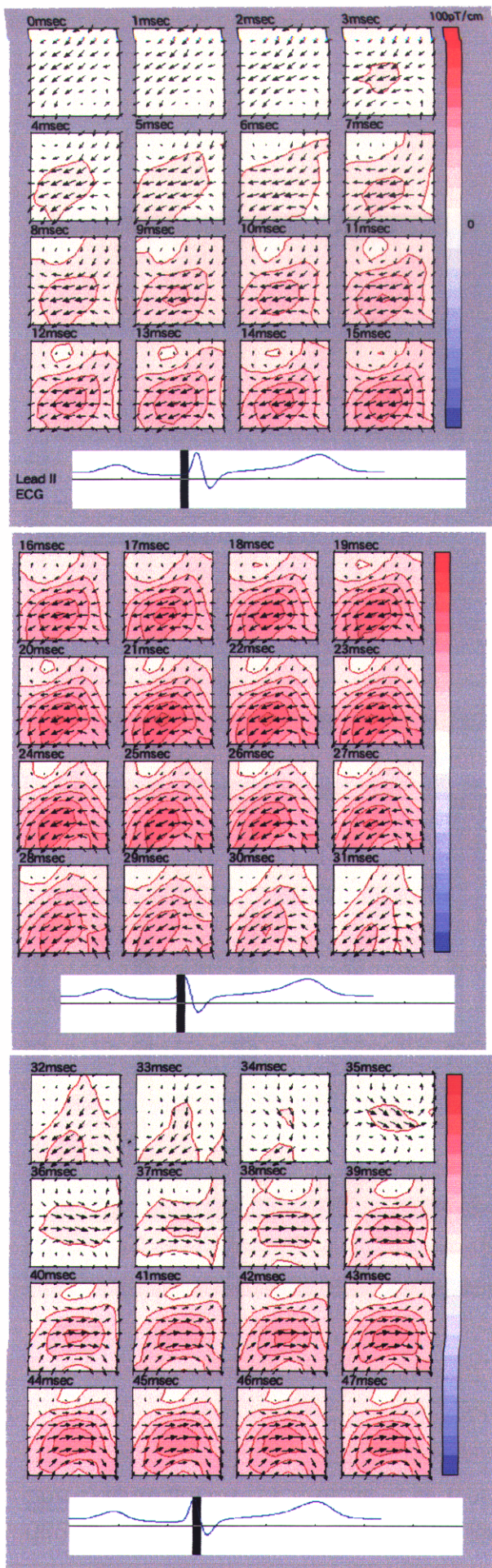


図3-10-1 QRSの時間帯における背部ベクトルアローマップ  
QRSの開始を0msecとした。(0-47msec)



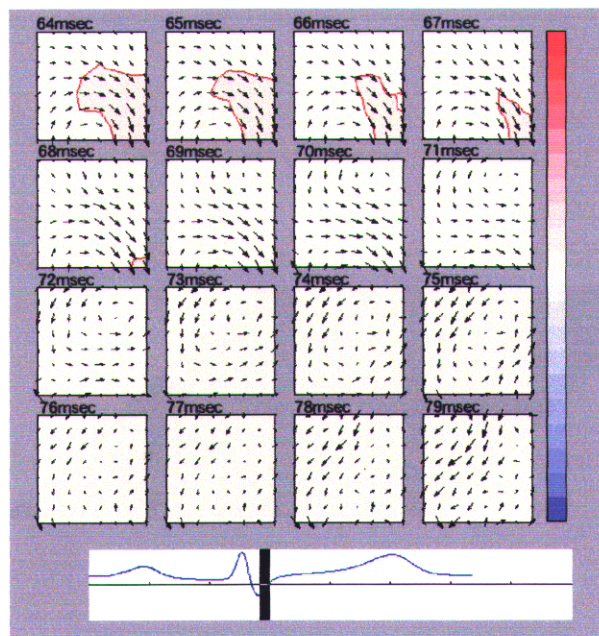
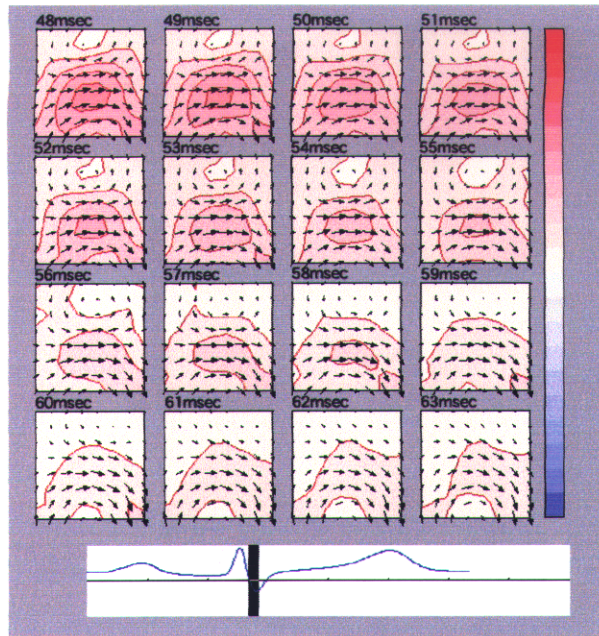


図3-10-2 QRSの時間帯における背部ベクトルアローマップ  
QRSの開始を0msecとした。(48-79msec)



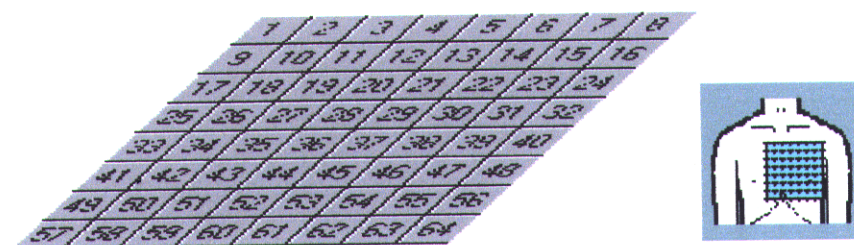
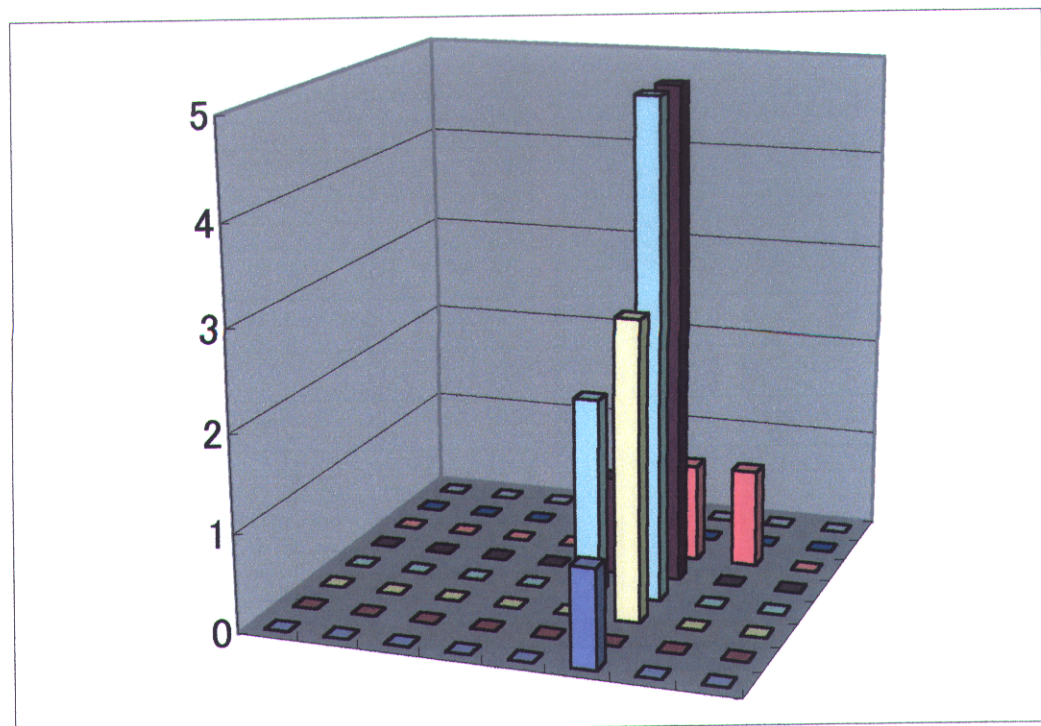


図 3-11 QRS の時間帯における前胸部アローマップで最大ベクトルを示した測定ポイントとその例数

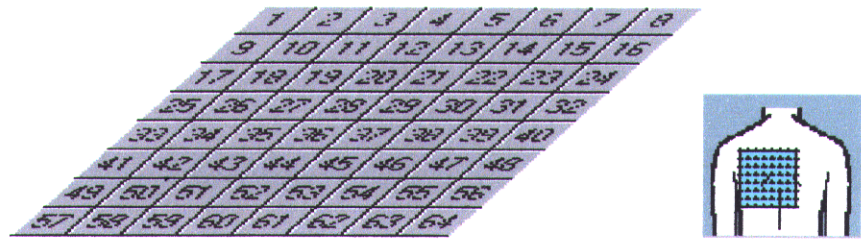
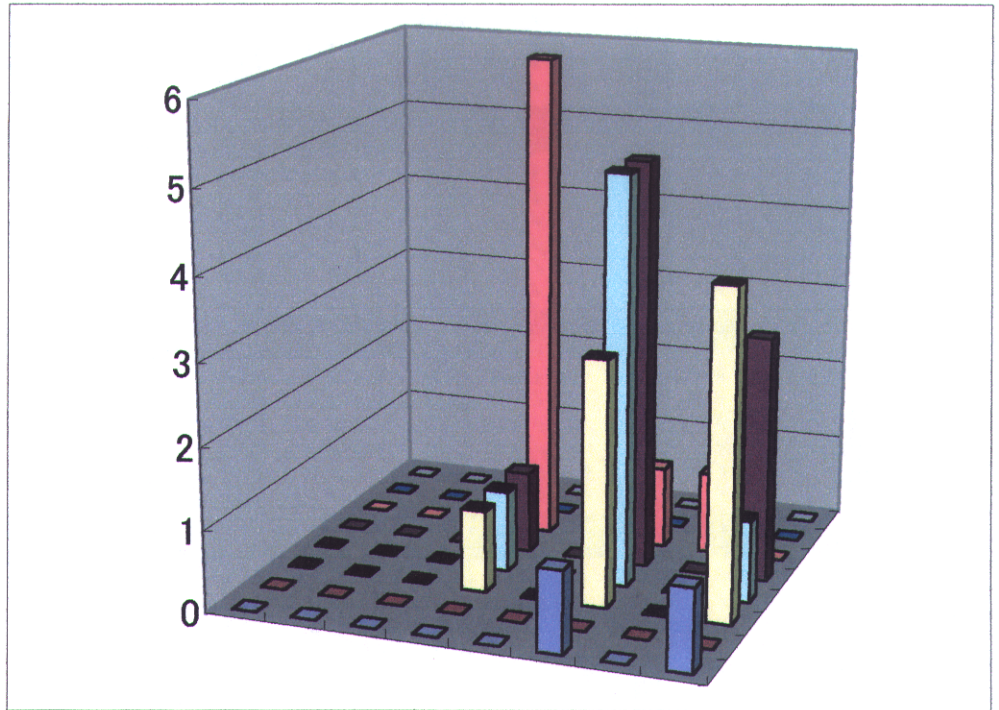


図 3-12 QRS の時間帯における背部アローマップで  
最大ベクトルを示した測定ポイントとその例数



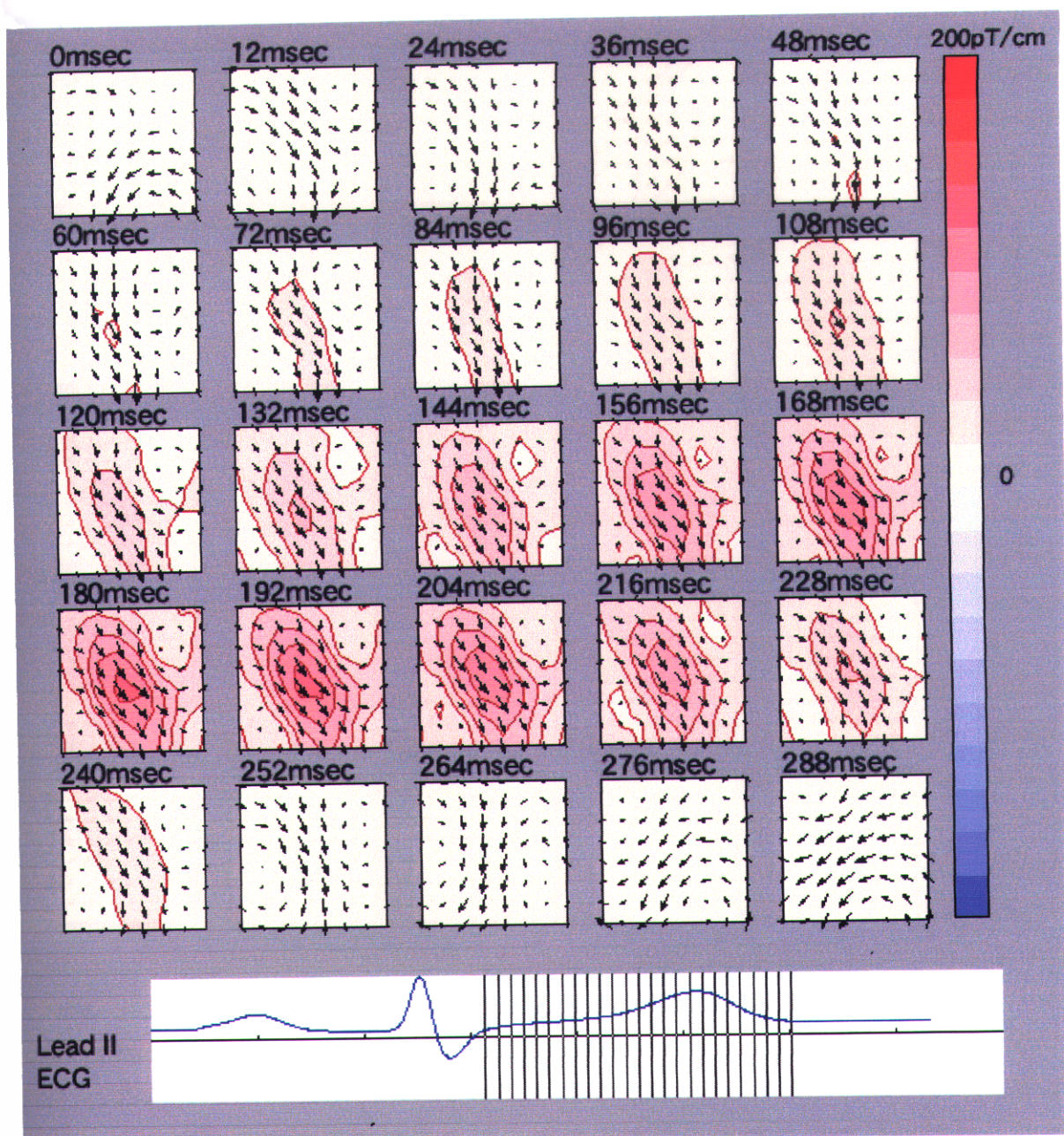


図3-13 ST-Tの時間帯における前胸部ベクトルアローマップ  
J点を0msecとし、25msec毎に表示した。



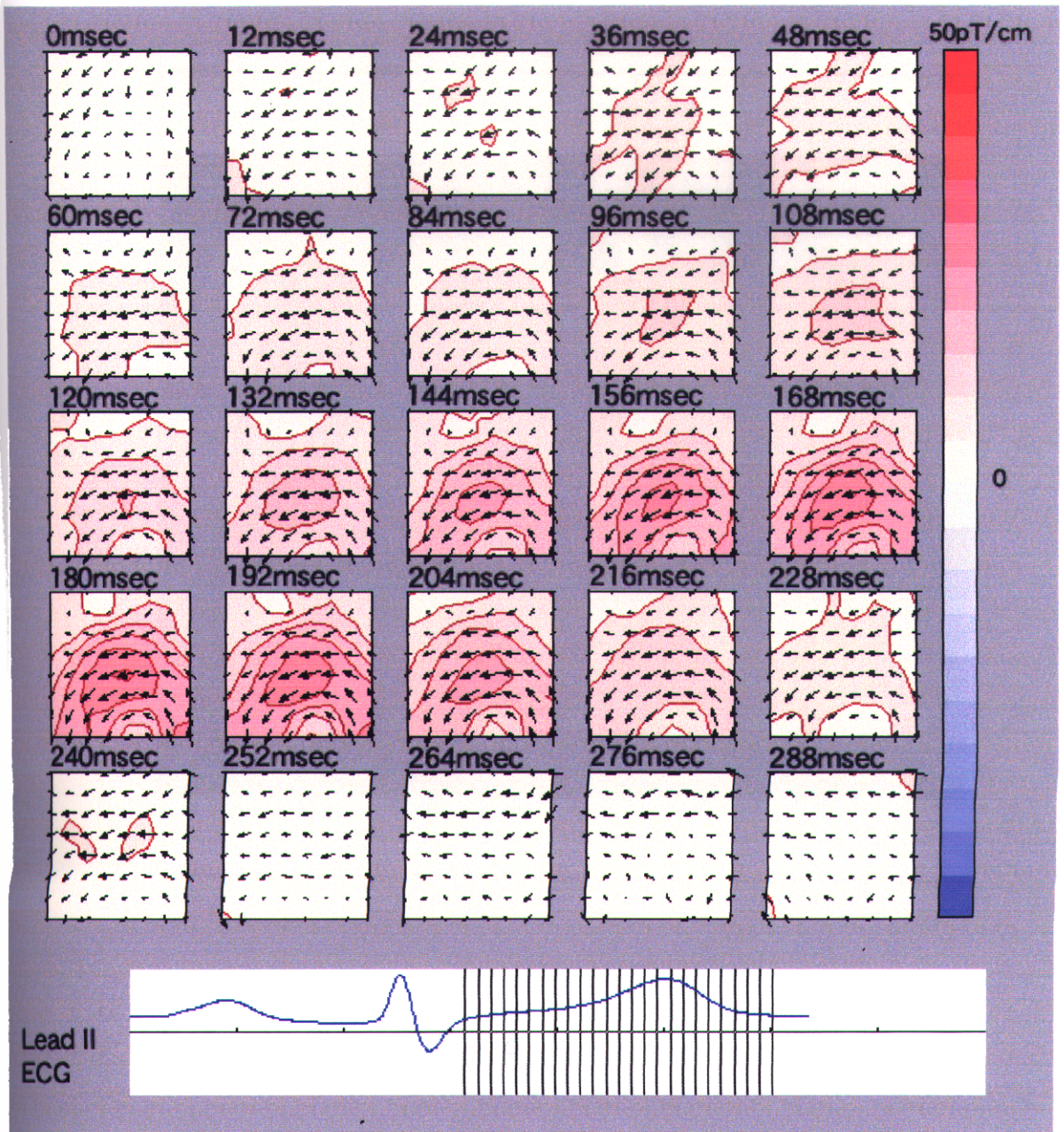


図3-14 ST-Tの時間帯における背部ベクトルアローマップ  
J点を0msecとし、25msec毎に表示した。



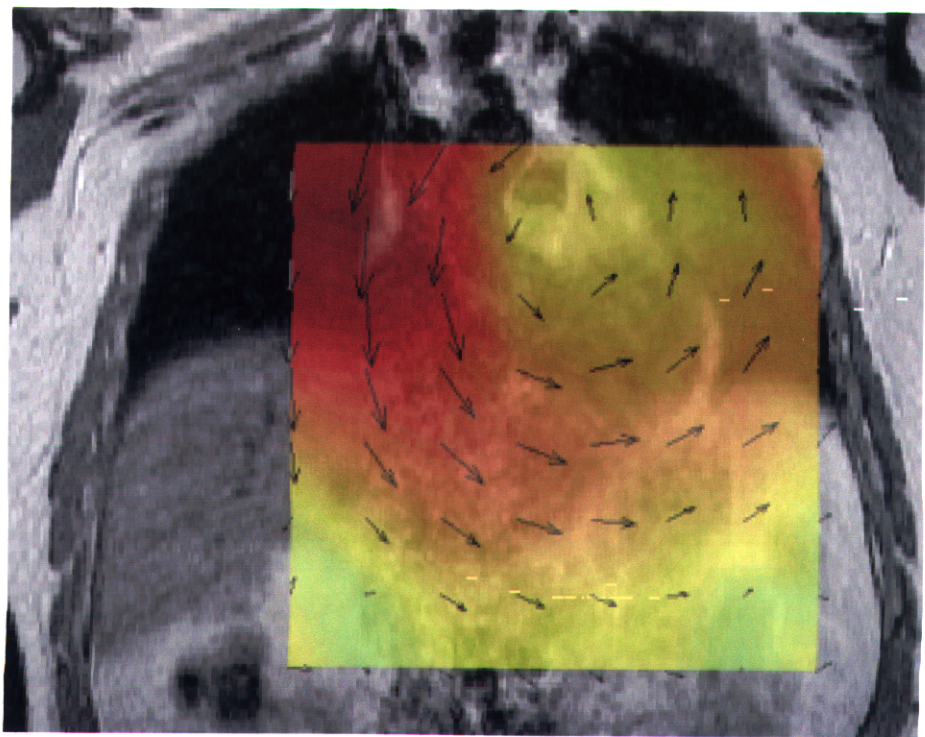


図3-15 P波の時間帯(P波の開始から80msec後)の前胸部ベクトルアローマップとMRI冠状断断層像との重ね合わせ  
図のアローは電流方向を示し、電流量の多い順に暗赤色～赤色～黄色～黄緑色で表示している。

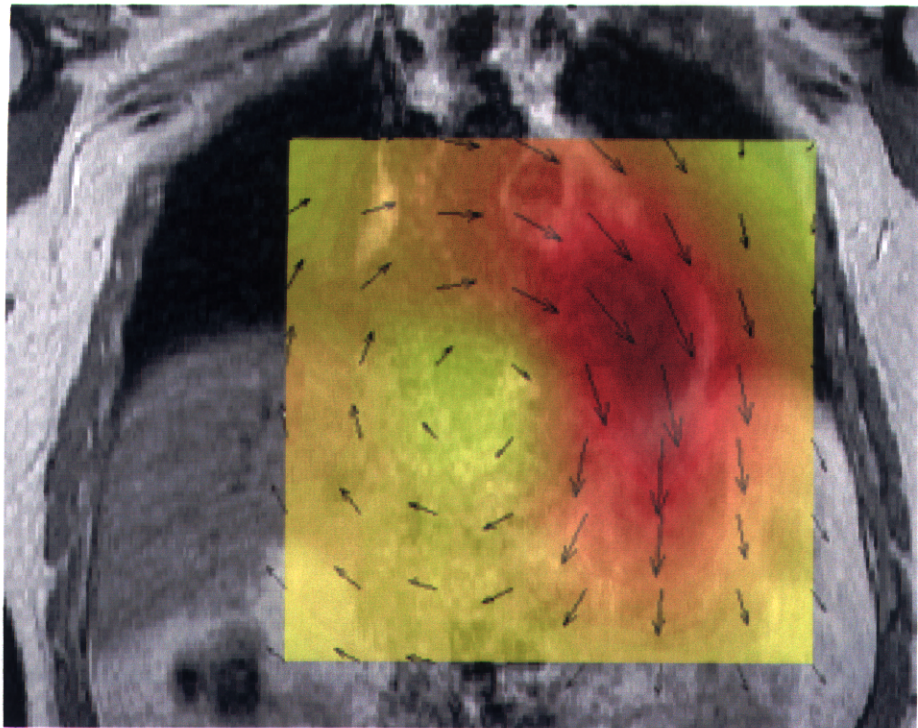


図3-16 QRSの時間帯(P波の開始から255msec後)の  
前胸部ベクトルアローマップとMRI冠状断断層像との重ね合わせ



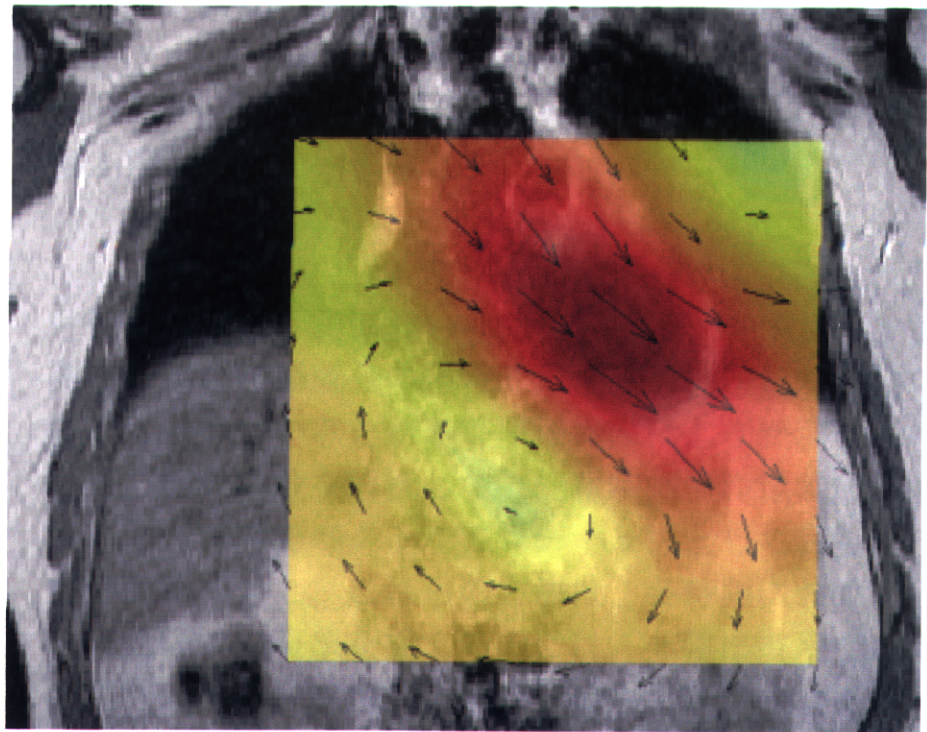


図3-17 ST-Tの時間帯(P波の開始から489msec後)の  
前胸部ベクトルアローマップと MRI冠状断断層像との重ね合わせ