



自動視野計を用いた動的視野測定プログラムの開発

橋本茂樹

近畿大学医学部眼科学教室

抄 録

視野測定には動的視野測定と静的視野測定がある。今日、自動視野計の普及により静的視野測定が視野検査の主流となってきている。一方動的視野測定の代表である Goldmann 視野計は、測定技術および結果の信頼性等の問題からそれを有する施設は減少傾向にある。そこでわれわれは、イソプタが形成する外部角度にて視野変化を判断するという新しいアルゴリズムを開発した。Goldmann 視野計の結果を用いて各応答点における外部角度の分布を見ると、視野異常を検出できる角度範囲の最適値は150~240°であった。動的視野の特性を得るため、個体内では正常者8例8眼(平均年齢29.6±2.5歳)を対象とし、個体間では正常者34例34眼(平均年齢47.7±8.6歳)を対象に、イソプタの内部面積と外部角度を用いて各種条件が測定結果に及ぼす影響を検討した。その結果、視標速度が速く年齢が高いほど面積は狭小化した。角度は面積と比較し測定条件の影響を受け難かった。一方、面積と角度の変動幅は視標のエネルギーが小さいほど大きくなり、中心30°外においては視標速度、年齢の影響を受けにくかった。また個体内より個体間のほうが変動幅は有意に大きかった。

本アルゴリズムを搭載したプログラム(Program K)にて、緑内障患者12例12眼(平均年齢53.1±5.6歳)を対象に Octopus101を用いて測定を行い Goldmann 視野計の結果と比較検討したところ、高い一致性が認められた。

Key words: 動的視野測定, Octopus101, Goldmann 視野計, アルゴリズム, Program K

緒 言

視野測定法には、大きく分けて視標のサイズ、輝度を固定し、視標を動かしてイソプタ(等感度曲線)を求める動的視野測定法と、視標の呈示位置を固定し輝度を変え測定点毎の視感度を求める静的視野測定法の2種類がある¹。今日、自動視野計の普及により静的視野測定が視野検査の主流となっており、緑内障の診断や経過観察においては一般的に中心30°以内を静的に測定するプログラムが好まれて用いられている。その理由は、緑内障の初期視野異常の約90%が中心30°内視野から始まること^{2,3}、また測定時間の制限で全視野を測定できないこと、ならびに周辺視野は中心30°内視野と比較し感度の変動幅が大きいこともその要因であると考えられる。しかし残存する視野をもつ緑内障後期において、中心30°外の周辺視野の情報を得ることは、その診断や治療はもとよりロービジョンケアにおいても極めて重要なことである^{4,5}。また半盲等の視野欠損を呈する神経眼科疾患、種々の網膜疾患においても同様のことが

言える。Goldmann 視野計を用いた動的視野測定は、中心を含めた周辺視野を短時間で測定することができ、またその測定結果は視野全体を一目で把握できる利点から現在でも広く用いられている。しかしながらその測定結果は検者の技量に大きく影響を受け、施設間での比較や経過観察において多くの問題点がある。また、高い技術を持つ検査員を確保することも現実には困難なために Goldmann 視野計を有する施設は減少している。

一方、自動視野計による動的視野測定は Perimetron^{6,7}をはじめ自動視野計の開発当初から試みられており、現在では Octopus101 kinetic program⁸ や Humphrey kinetic tests^{9,10} などがある。しかし、患者応答のばらつきや測定アルゴリズムの問題によりその測定結果は、経験豊かな医師や検査員が Goldmann 視野計を用いて手動で測定した結果と比べ満足のいくものでなく、自動動的視野測定における測定精度を上げるにはこれまでにない新しい測定アルゴリズムが必要と考えられた。

そこでわれわれは Goldmann 視野計によって行

われているように、測定中に視野の形状にて視野変化を判断し追加測定を進めていく測定法を取り入れた。視野は Traquair の「視野の島」visual island¹¹で示されるように形状をもっており、これを網膜感度の等しい線で結ぶとイソプタが形成される¹²。正常のイソプタは楕円形状を示すが、視野変化があるとその形状が歪む。われわれはこの形状の変化を応答点が形成する外部角度を用いて判定するイソプタ自動探索アルゴリズムを開発した。視野異常を検出できる角度範囲、探索回数はシミュレーションプログラムを作成して Goldmann 視野計の結果を用いて検証を行った。また自動動的視野計の開発を行う上で動的視野測定における正常者の特性を知る必要があり、イソプタの内部面積、外部角度を用いて個体内、個体間での各種測定条件が測定結果に及ぼす影響について検討した。最終的に新しいアルゴリズムを搭載した自動動的視野測定プログラム (Program K) で Octopus101 を用いて、緑内障患者におけるその臨床的有用性について検討した。

対象および方法

実験1. 新しいイソプタ自動探索アルゴリズムの開発

新しいアルゴリズムでは、まず自動で各経線の測定を行い、イソプタの変化の大きさを連続する3箇所での応答点が形成する角度を用いて正常か異常かを判定し、異常であれば次の視標呈示の位置と方向を決定し測定を自動で追加した。緑内障症例の Goldmann 視野の結果に新しい測定アルゴリズムによる測定手順を重ねて図1に示す。

まず Stage1 であらかじめ定めた経線上に求心的に視標を動かし定点測定を行うと、被検者が応答する位置は順次 1, 2, 3, 4 の応答点となる。各点を順に結んだ隣接する 2 直線がなす角度を求め、その角度が正常範囲から逸脱した場合は次の Stage へ進み、それぞれの直線の midpoint へ垂直に視野変化のある方向に再度視標を動かし応答を得る。この操作を数回繰り返して、応答した位置を結果に追加してい

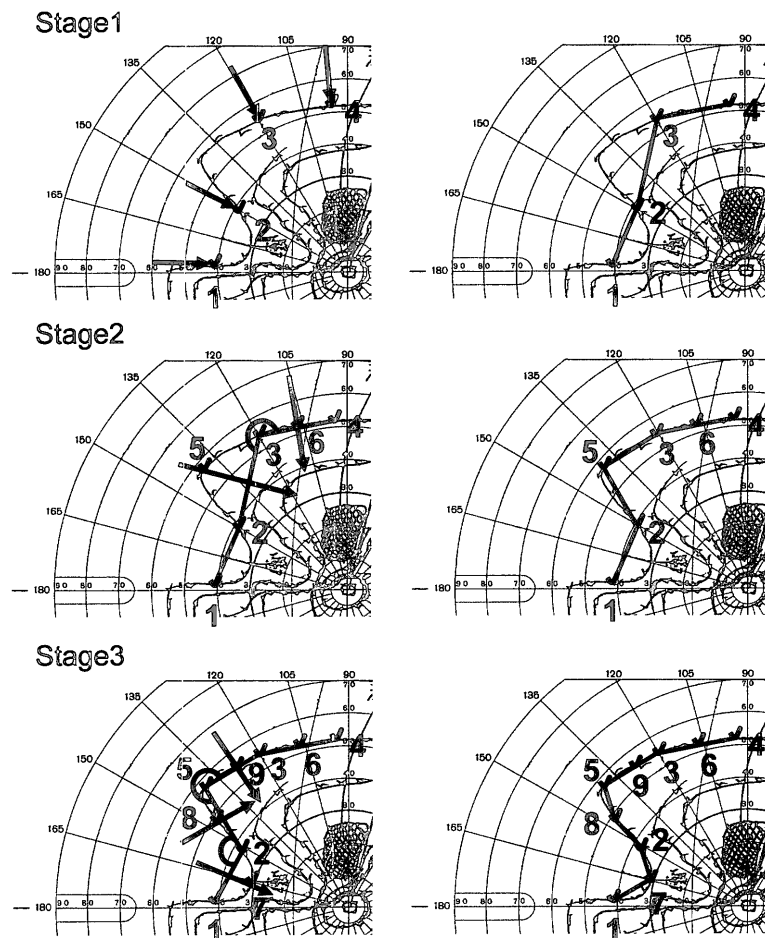


図1 イソプタ自動探索アルゴリズムによる測定手順

く。図1の症例では2, 3, 4による直線のなす角度が正常範囲を逸脱するため、Stage2では直線2-3と3-4の midpoint からそれぞれに垂直な方向に視標を動かす、次に被検者が応答する位置は5, 6となる。各点を結ぶイソプタを引き直し再度角度を求めると、今度は1-2-5と2-5-3のなす角度が正常範囲を逸脱するため、Stage3では先程と同様に直線1-2, 2-5, 5-3に垂直に測定を行うと、被検者が応答する位置は7, 8, 9となる。こうして得られた測定点を順次結んでいくと、最終的に1-7-2-8-5-9-3-6-4の順に結んだイソプタとなる。

次に、実際コンピュータ上において Visual Basic を用いてシミュレーションプログラムを作成した。熟練した検査員によって Goldmann 視野計で測定された緑内障15例23眼(平均年齢63.9±7.5歳)、(湖崎分類^{13,14} II a 期1眼, II b 期4眼, III a 期10眼, III b 期6眼, IV期1眼, V期1眼)の測定結果に新しい測定アルゴリズムによる測定手順を重ねて、視野異常を検出するのに必要な角度範囲の最適値と Goldmann 視野計の結果と一致するのに必要な探索回数(Stage数)について検討した。

実験2. 正常者における各種測定条件が結果に及ぼす影響に対する検討

動的視野では年齢、視標速度、サイズ、輝度により測定結果に影響が生じる。そこで正常被検者34例34眼(平均年齢47.7±8.6歳)を対象とし、年齢別に I~III群(I群:20~39歳, II群:40~59歳, III群:60歳以上)に分けて評価を行った(表1)。測定条件は Goldmann 視野計により行われている計測¹⁵⁻¹⁷とできるだけ同条件にするため、視標サイズと輝度はエネルギーが大きいものから順に V/4e, I/4e, I/3e, I/2e, I/1e とし、視標速度は秒速 2°, 4°, 6°/s を使い、30° 間隔の経線と水平、垂直経線の両側を含めた計20経線を測定した(図2)。

測定は Octopus101 kinetic 用プロジェクションユニットを取り付けた Octopus101自動視野計で行った。得られた結果はイソプタの内部の面積、外部角度を用いて比較検討した。面積は各応答点の座標を用いてイソプタ内部の面積を計算し(図3)、角度は隣接する3点の応答点の座標より計算し θ_1 から θ_{20} と順に割り付けた(図4)。また測定にあたりイソプタが中心30°内に及んだ場合は屈折異常が測定結果に影響を及ぼす可能性^{18,19}を考慮し、近距離矯正を行った。

表1 正常被検者の年齢分布

	例	眼
正常者	34	34
I群(20~39歳):	13	13
II群(40~59歳):	10	10
III群(60歳以上):	11	11

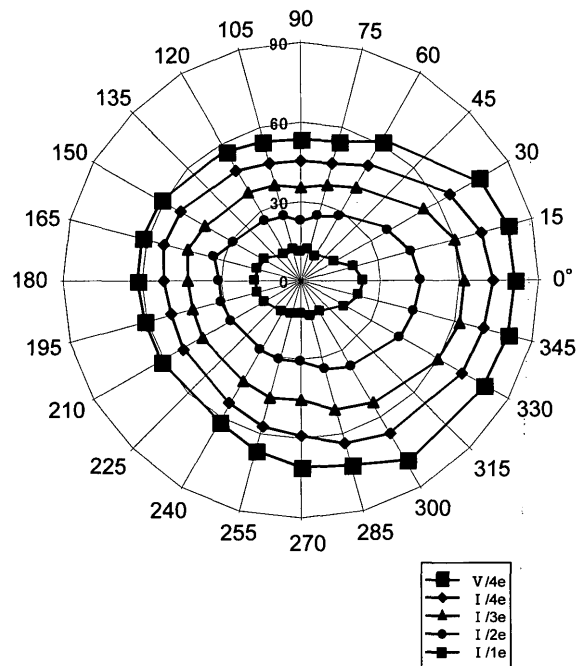


図2 測定経線と各視標におけるイソプタ

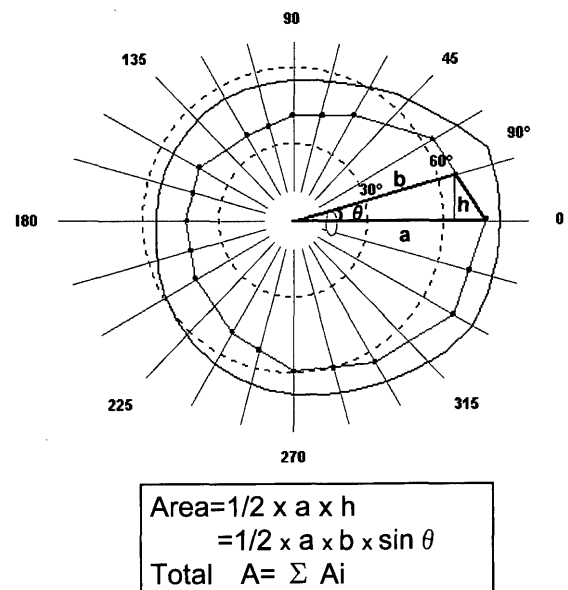


図3 イソプタの内部面積算出法

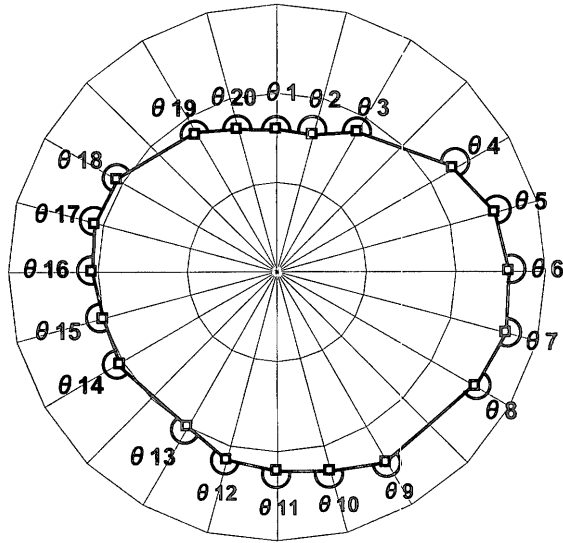


図4 応答点が形成する外部角度

実験3. 個体内および個体間におけるイソプタ内部面積、外部角度の変動幅に対する検討

動的視野では年齢、個体内、個体間、視標速度、サイズ、輝度などさまざまな条件によってイソプタに変動が生じる。個体内においては正常被検者8例8眼(平均年齢 29.6 ± 2.5 歳)を対象とし、測定条件は実験2と同一とし各経線を5回ずつ測定した。また個体間においては実験2と同一の対象、測定条件を適用した。得られた結果より個体内および個体間において各種測定条件がイソプタ内部面積、外部角度の変動幅に与える影響について検討した。

実験4. 自動動的視野測定プログラム(Program K)の臨床的有用性についての検討

新しい測定アルゴリズムを導入した自動動的視野

測定プログラム(Program K)を開発し、外部コンピュータよりOctopus101自動視野計を制御することを可能とした。実際に臨床において緑内障患者の視野測定を行った。

対象は緑内障患者12例12眼(平均年齢 53.1 ± 5.6 歳)、(湖崎分類II b期3眼、III a期5眼、III b期4眼)とし、測定条件として背景輝度は31.5 asb、視標サイズと輝度はV/4e、I/4e、I/3eの3イソプタを基本とし必要時には追加測定を行った。周辺視野測定には秒速 6° を用い中心 30° 内では秒速 2° を使用した。

測定手順は、まず中心 30° 内の中心視野を静的測定し、引き続いてProgram Kを起動し角度等の測定条件を選択した後、V4eから順にStageごとに動的視野測定を行った。測定はほぼ完全自動で行われ検者がイソプタの始点及び終点を選択する必要はない。また患者応答のばらつきを抑えるために、全経線2回は測定を行いその応答点の間隔が 20° 以上なら3回目を測定しその平均値を最終応答点とした。測定が終了すると応答点は順次自動で結ばれイソプタごとに描写された。イソプタが中心 30° 内に及んだ場合は近距離矯正を行い、固視監視にはビデオカメラ法を用いた(図5)。得られた結果を用いて緑内障専門医3名による臨床的判断により比較検討を行った。Program Kの結果をGoldmann視野計による結果と比較し、ほぼ同等のイソプタ形状が描写可能であったものをほぼ一致、一部のイソプタに不一致はあるが临床上同等の診断が可能であったものを一部不一致、同等の診断が不可能あるいは測定が不可能であったものを不一致として大きく3つに分類し検討した。

なお、被検者全員に対して検査目的と内容を十分

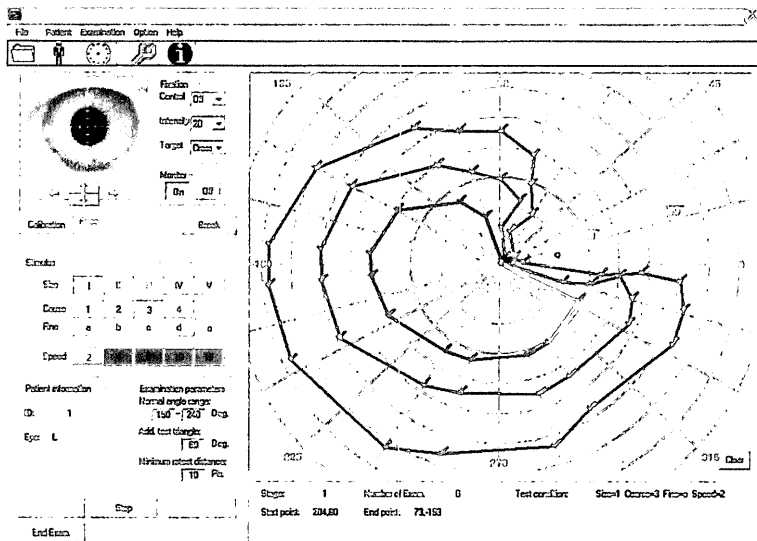


図5 Program Kの測定画面

に説明し、インフォームドコンセントを得た。

成 績

実験 1.

シミュレーションプログラム上で緑内障患者の Goldmann 視野計の結果を用いてアルゴリズムを検討した。緑内障専門医 3 名のうち 2 名以上の一致を得て視野変化のある部位とない部位を判断し、その応答点における外部角度の分布を視標サイズ、輝度別 (V/4e, I/4e, I/3e, I/2e, I/1e) に図 6, 7 に示した。外部イソプタにおける動的視野測定を目的としたため、V/4e, I/4e, I/3e の結果を用いて角度分布を見てみると、視野変化がないと判断された応答点の外部角度は 150~240° に分布していた。この角度範囲を逸脱している点を急峻な視野変化を引き起こす異常点と判断し、その部位に追加測定を行った。また応答点の数を見てみると正常視野においては総計 20 点であったが、すべての症例の Goldmann 視野計の結果に探索回数を 2 回 (Stage3) まで行くと応答点の総計は 20~26 点 (平均 23 点) に増加した。探索回数を増すとより精密に測定することが可能になるが応答点は増加した。全症例において Goldmann 視野計の結果と一致した結果を得ることができる探索回数は 2 回 (Stage3) であった。

実験 2.

各視標における I 群の視標速度 2° の面積を 100 とし内部面積の比較をした。速度が速くなるに従い面積は小さくなり、年齢が高いほど面積は狭小化した。またその傾向は視標サイズ、輝度が小さいほど顕著であった。この視標速度による影響を V/4e, I/3e, I/1e を例にとりグラフに示した (図 8)。I/1e では各群とも速度間において有意な差を認めた。同様に、年齢による影響を見るために I~III 群を比較すると、V/4e 以外の視標ですべての速度において I 群と II 群、I 群と III 群間に有意差を認めた (図 9)。一方外部角度は、年齢間 (I 群, II 群, III 群)、視標速度間 (2°, 4°, 6°/s)、視標サイズ、輝度間 (V/

4e, I/4e, I/3e, I/2e, I/1e) において各応答点に有意な差はなく (図 10, 11, 12)、面積と比較し角度は年齢、視標速度、サイズ、輝度による影響をあまり受けなかった。実験 1 で算出した角度範囲の最適値 150~240° を正常者の視標サイズ、輝度 (V/4e, I/4e, I/3e, I/2e, I/1e)、視標速度 (2°, 4°, 6°/s) 別の応答点の角度と比較するとその範囲を逸脱する割合はそれぞれ表 2 の通りとなった。

実験 3.

標準偏差を面積平均値で割り偏差率を求め各イソプタにおける面積の変動幅を検討したところ、個体内と個体間ともに視標サイズ、輝度が小さくなるにしたがって変動幅は大きくなる傾向を示し、I/1e の視標速度 2°, 4°, 6°/s の偏差率は V/4e, I/4e, I/3e, I/2e の視標速度 2°, 4°, 6°/s の偏差率と比較しそれぞれ有意に大きかった ($p < 0.05$, Wilcoxon signed-ranks test) (図 13, 14)。

一方角度の変動幅は個体内と個体間ともに V/4e, I/4e, I/3e, I/2e, I/1e のそれぞれ間に有意な差を認め、視標サイズ、輝度が小さくなるにしたがってその変動幅は大きくなった ($p < 0.05$, 上側検定, F 検定)。V/4e では視標速度間 (2°, 4°, 6°/s) と年齢間 (I 群, II 群, III 群) の変動幅に有意な差は認められなかったが ($p < 0.05$, 上側検定, F 検定) (図 11)、I/1e においては視標速度 2° における I 群と II 群間を除いて視標速度間 (2°, 4°, 6°/s) と年齢間 (I 群, II 群, III 群) の変動幅に有意な差を認め、視標速度が速くなるほど年齢が高いほど変動幅は大きくなった ($p < 0.01$, 上側検定, F 検定) (図 12)。また、個体内での変動幅は個体間と比較しすべての視標速度 (2°, 4°, 6°/s) と視標サイズ、輝度 (V/4e, I/4e, I/3e, I/2e, I/1e) において有意に小さかった ($p < 0.05$, 上側検定, F 検定)。

個体内における V/4e, I/4e, I/3e の同一応答点の変動幅の平均値はそれぞれ 15.4° (V/4e), 21.9° (I/4e), 25.7° (I/3e) であり、また 3 イソプタ (V/4e, I/4e, I/3e) の平均値は 21.0° であった。

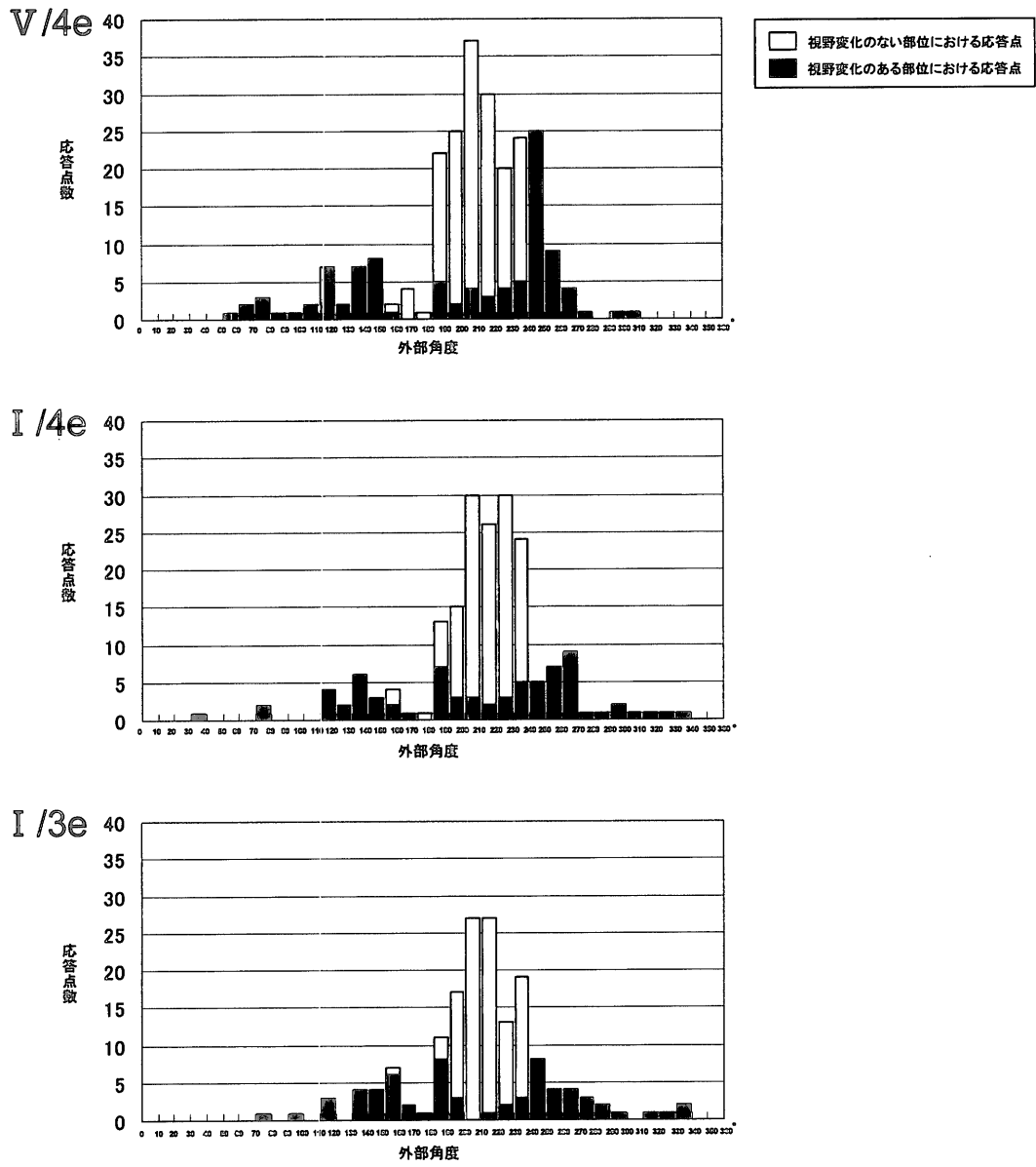


図6 応答点における外部角度の分布 (V/4e, I/4e, I/3e)

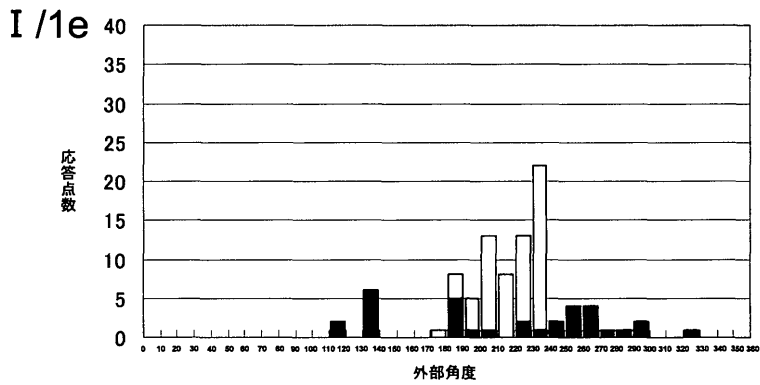
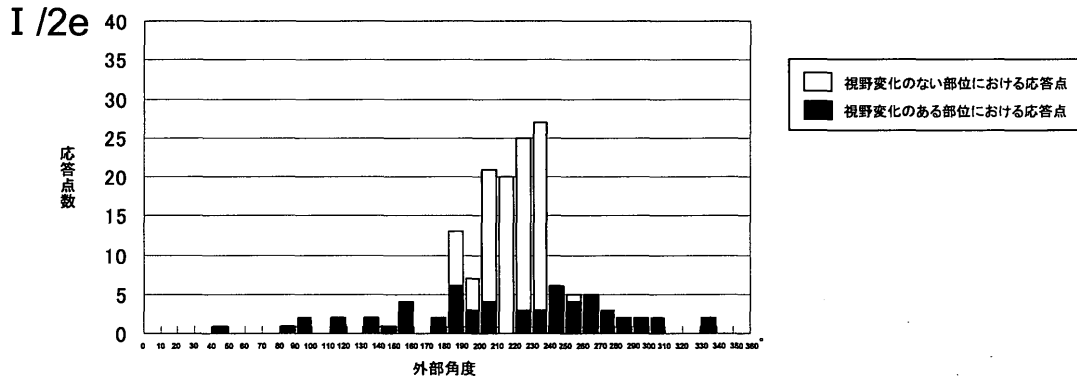


図7 応答点における外部角度の分布 (I/2e, I/1e)

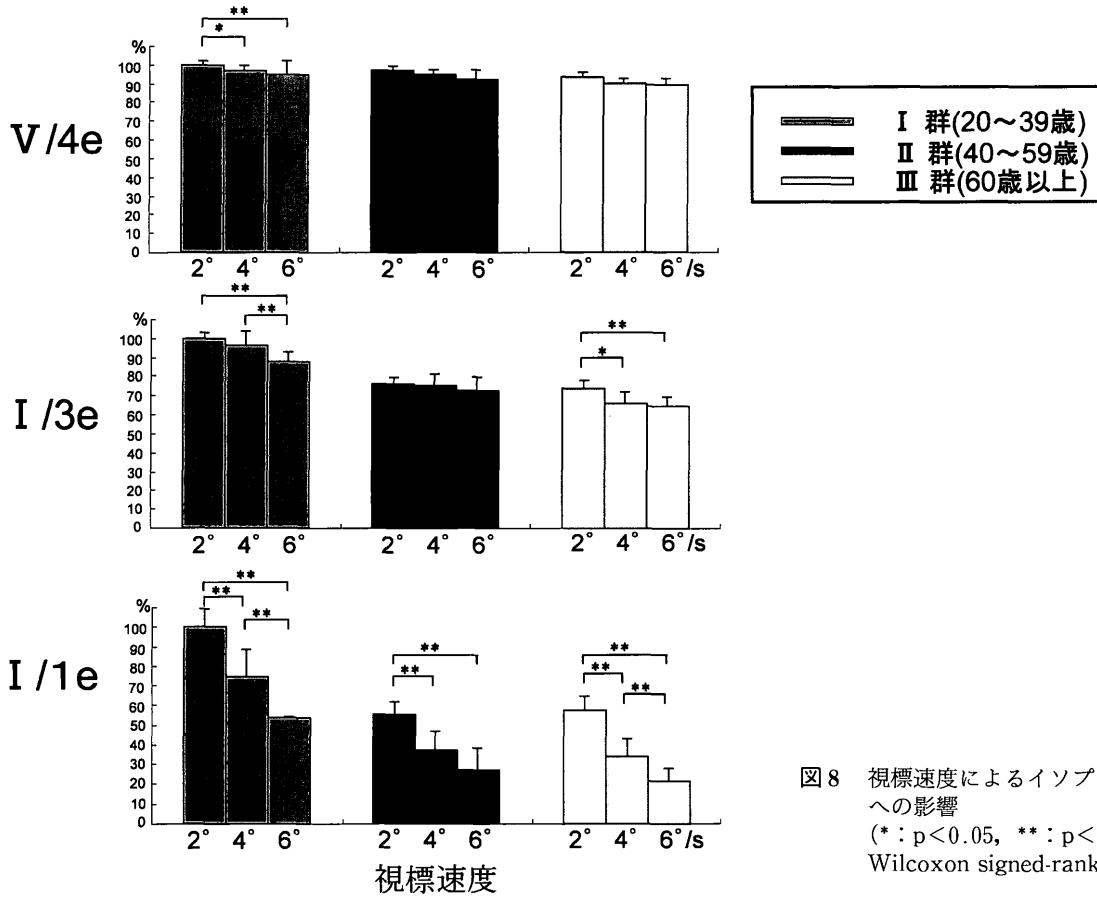


図8 視標速度によるイソプタ内部面積への影響 (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, Wilcoxon signed-ranks test)

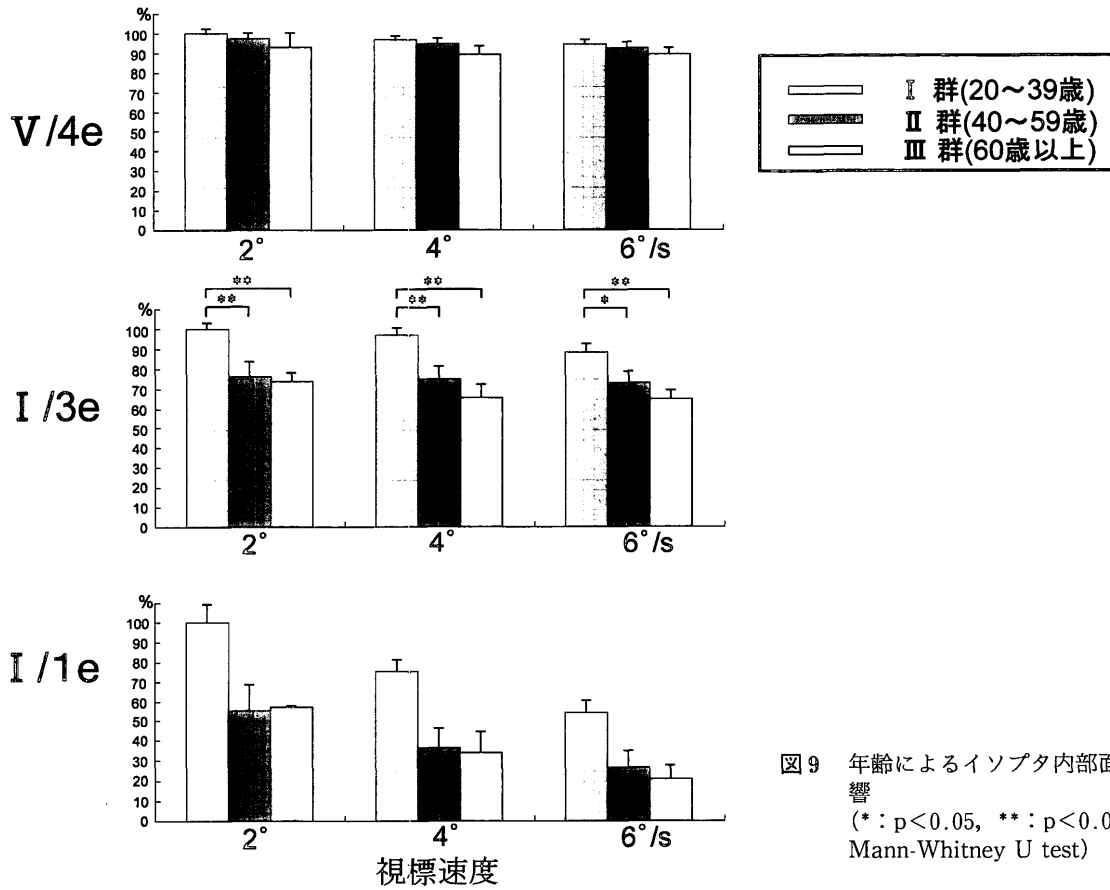


図9 年齢によるイソプタ内部面積への影響
 (* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$,
 Mann-Whitney U test)

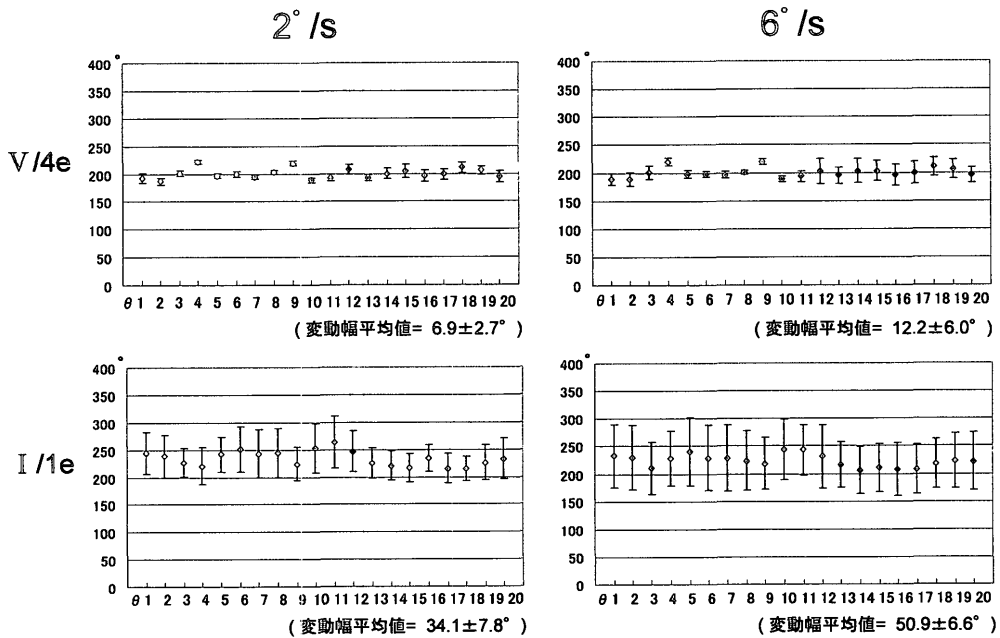


図10 個体内における外部角度とその変動幅 (V/4e, I/1e)
 視標サイズ、輝度と速度間において各応答点における角度に有意な差は認められなかった
 ($p < 0.05$, paired t-test).
 視標サイズ、輝度と速度間において変動幅の平均値に有意な差を認めた
 ($p < 0.01$, 上側検定, F検定).

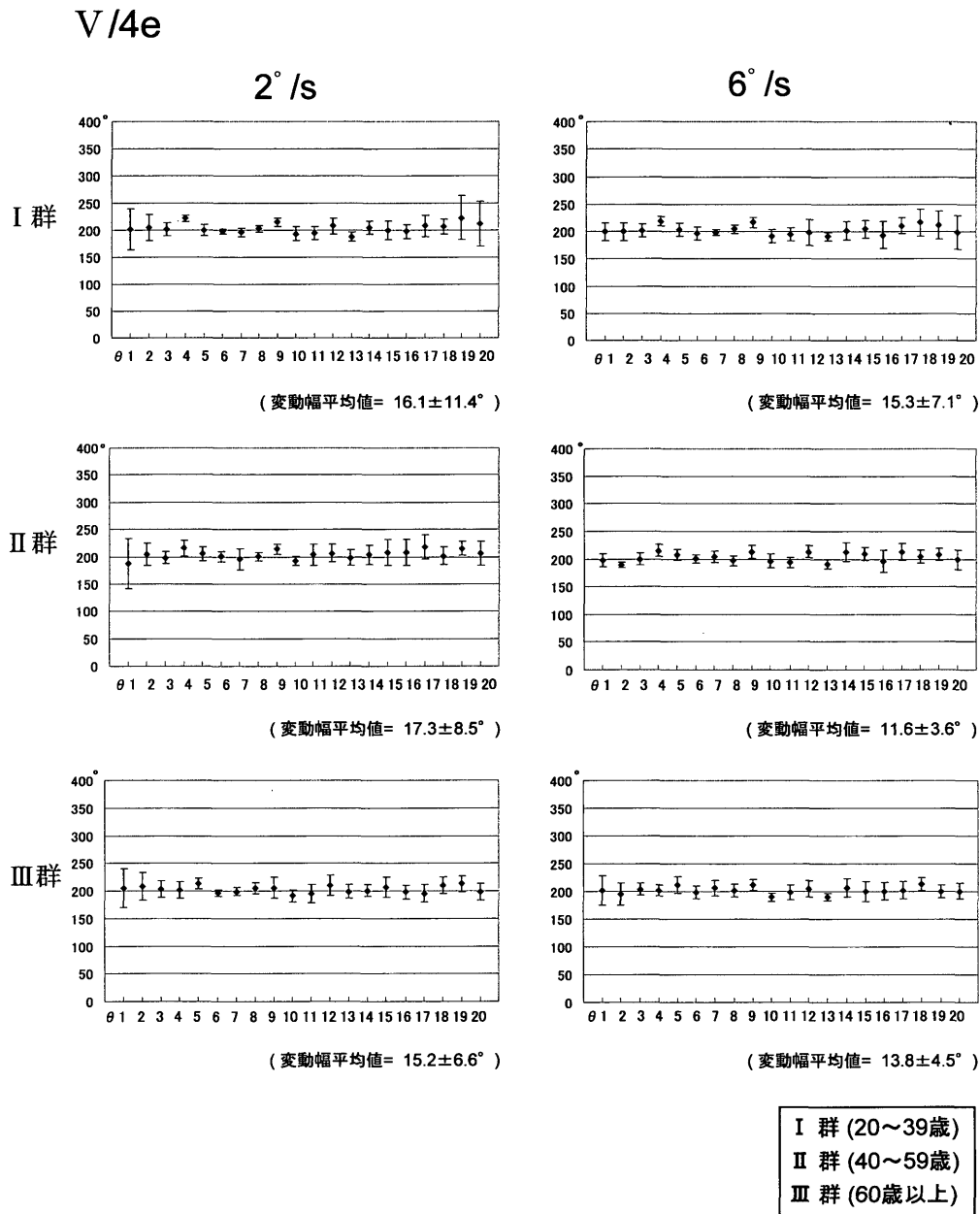


図11 個体間における外部角度とその変動幅 (V/4e)
 視標速度間において各応答点における角度に有意な差は認められなかった
 ($p < 0.05$, paired t-test).
 年齢間において各応答点における角度に有意な差は認められなかった
 ($p < 0.05$, Student's t-test).
 視標速度、年齢間において各応答点における変動幅の平均値に有意な差は認められなかった
 ($p < 0.05$, 上側検定, F検定).

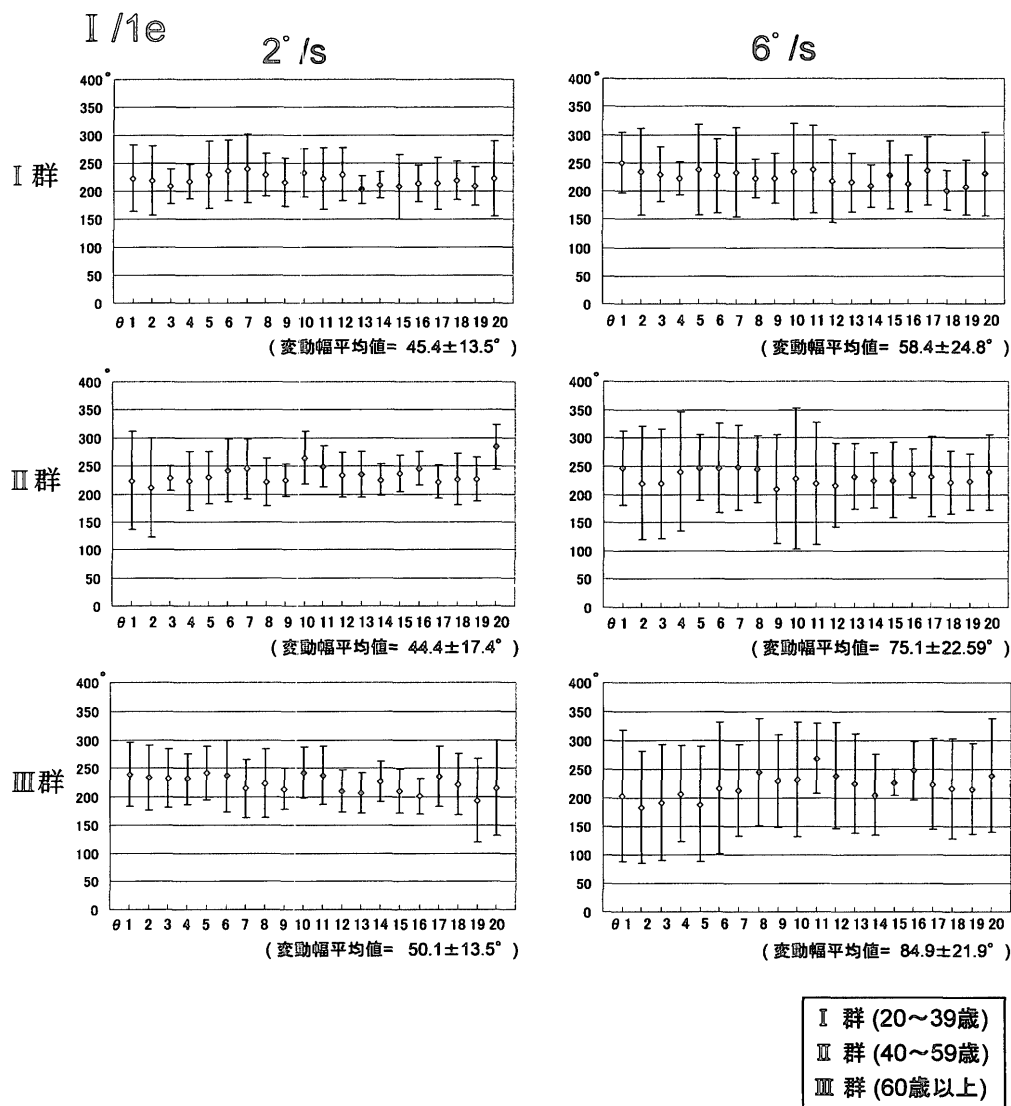


図12 個体間における外部角度とその変動幅 (I/1e) 視標速度間において各応答点における角度に有意な差は認められなかった (p<0.05, paired t-test). 年齢間において各応答点における角度に有意な差は認められなかった (p<0.05, Welch's t-test). 秒速2°のI群とII群を除き視標速度, 年齢間における変動幅の平均値に有意な差を認めた (p<0.01, 上側検定, F検定).

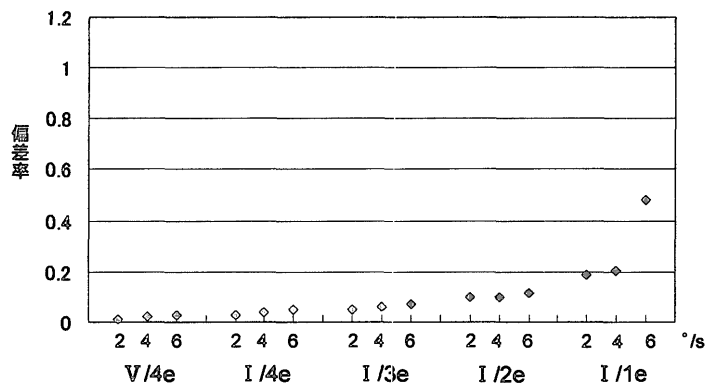
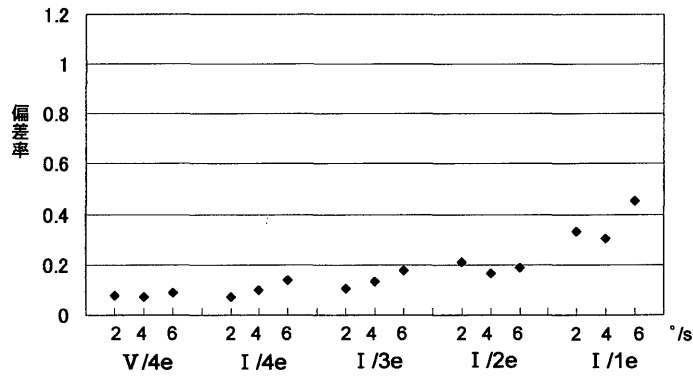
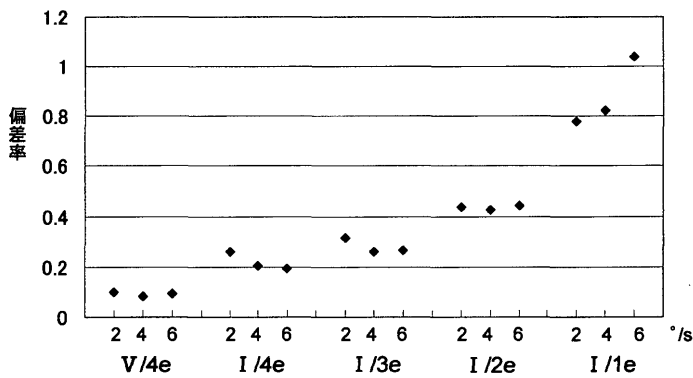


図13 内部面積の個体内における偏差率 すべての視標速度においてV/4e, I/4e, I/3e, I/2eとI/1eの偏差率に有意な差を認めた (p<0.05, Wilcoxon signed-ranks test).

I 群(20~39歳)



II 群(40~59歳)



III 群(60歳以上)

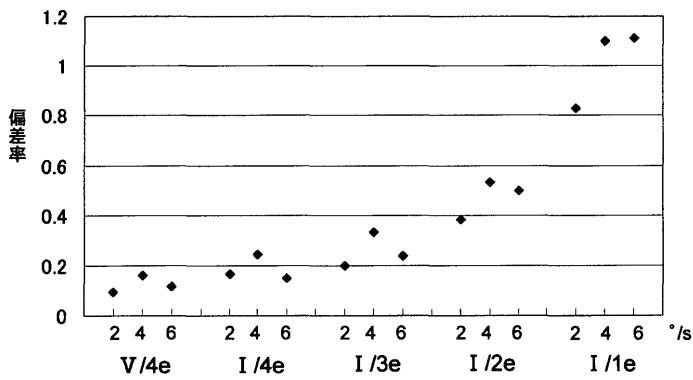


図14 内部面積の個体間における偏差率
I 群, II 群, III 群ともすべての視標速度においてV/4e, I/4e, I/3e, I/2eとI/1eの偏差率に有意な差を認めた (p<0.05, Wilcoxon signed-ranks test).

表2 最適値の角度範囲を逸脱する割合

	2°	4°	6° /s
V/4e	3.1	1.9	1.6
I/4e	5.9	3.8	4.1
I/3e	9.9	7.8	11.8
I/2e	18.4	21.9	24.3
I/1e	36.2	43.1	51.6(%)

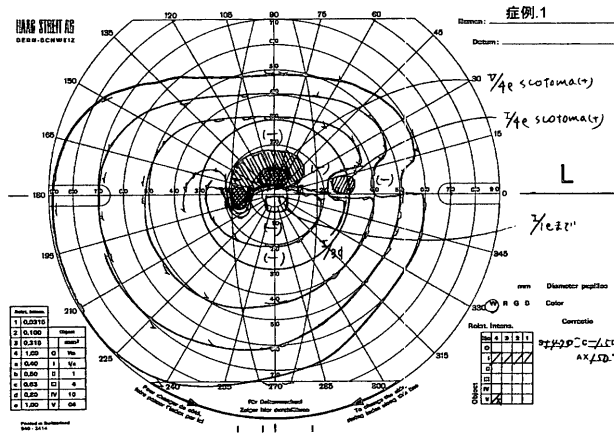


図15 症例1 63歳女性，原発開放隅角緑内障，左眼
ゴールドマン視野計による動的視野

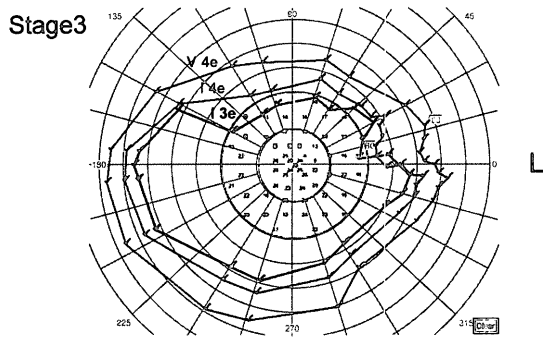
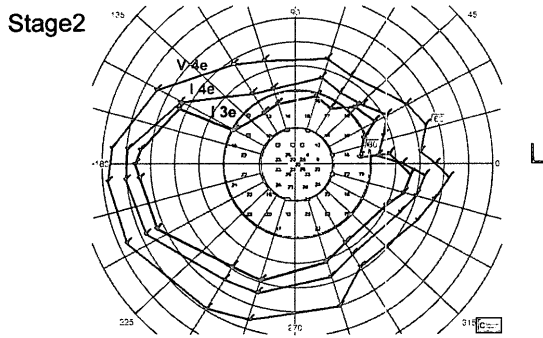
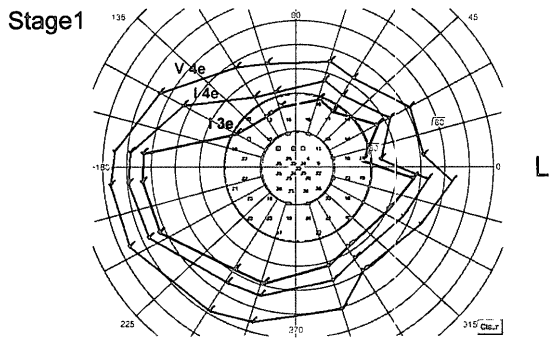


図16 症例1 63歳女性，原発開放隅角緑内障，左眼
Program K による動的及び静的視野

実験4 .

測定された結果の一部を示す。症例1は、63歳女性、原発開放隅角緑内障 (POAG) の症例の左眼で、Goldmann 視野計による視野では、上方の鼻側階段を認める (図15)。Program K では、Stageが進むにつれ Goldmann 視野計と同様の鼻側階段を検出でき、Goldmann 視野計の結果とほぼ一致したイソプタが検出された (図16)。症例2は、59歳女性、原発開放隅角緑内障 (POAG) の症例の左眼で、Goldmann 視野計による視野では、中心視野と周辺部視野が分離しつつある高度な視野狭窄を認める (図17)。Program K は、このように30°内にイソプタが入り込む複雑な視野においても、Stageが進むにつれ Goldmann 視野計とほぼ一致したイソプタを検出することができた (図18)。Program K と Goldmann 視野計による測定結果を比較検討すると、12眼中ほぼ一致が9眼、一部不一致が3眼、不一致が0眼となった。

症例によって差はあるが Stage3 までの3イソプタ (V/4e, I/4e, I/3e) 測定時間はおおよそ片眼10~15分程度であった。

考 察

過去における自動動的視野測定の問題点として、測定経線が固定されており、また経線を追加する場合には検者の判断により行われ、結果検者の技量が検査結果に影響を及ぼしてしまうこと⁸、視標を任意の経線上で自動的に定速移動させた時、応答のばらつきによりある測定点为中心に入り込んで鋸歯状のイソプタ (偽 spikes) を形成すること⁹、イソプタ描写アルゴリズムが不完全なため距離が近い応答点同士を結ぶ傾向にあり、イソプタがうまく描写できなかったこと^{8,9}があげられる。このことが自動動的視

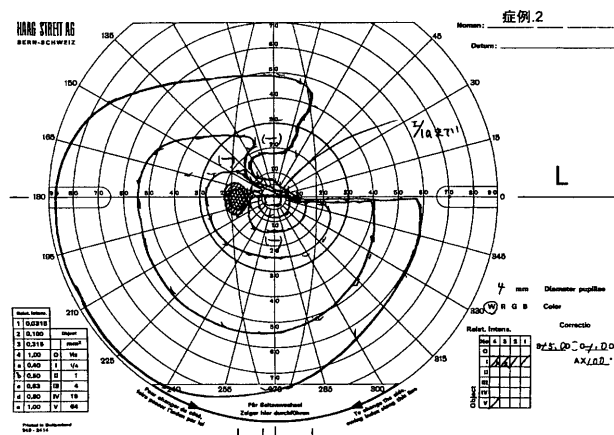


図17 症例2 59歳女性，原発開放隅角緑内障，左眼
ゴールドマン視野計による動的視野

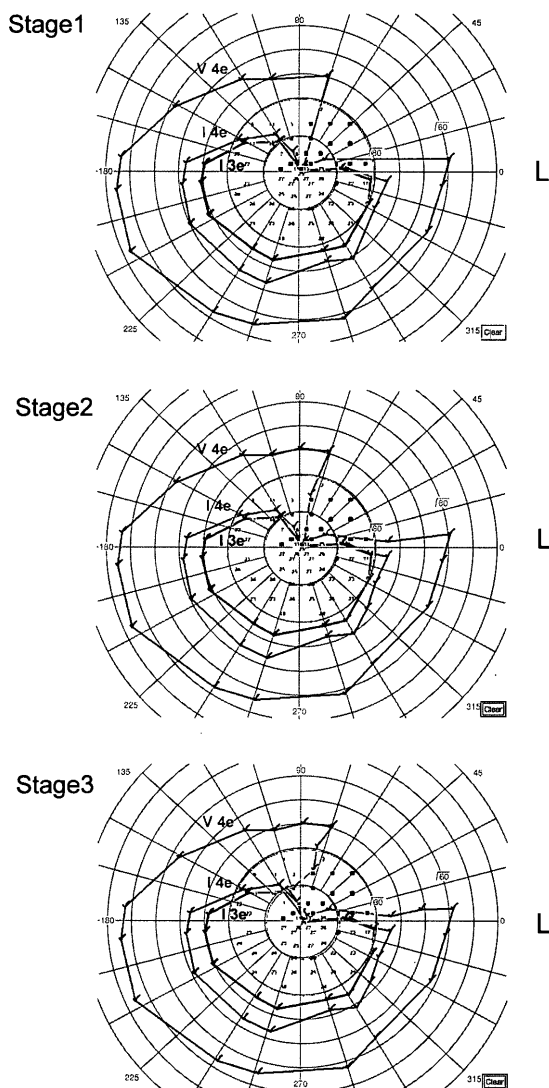


図18 症例2 59歳女性，原発開放隅角緑内障，左眼
Program Kによる動的及び静的視野

野の普及しなかった一因であると考えられた。そこでこれら問題点を考慮した新しい測定アルゴリズムを実験1で考案した。

われわれの考案したアルゴリズムは、イソプタの形状をもって視野変化を判断し、変化が大きかった部位に測定を自動で追加する方法である。イソプタの変化の大きさは、連続する3箇所の応答点が形成する外部角度を用い、その角度が緑内障症例から得られた角度範囲から逸脱している場合を急峻な視野変化を引き起こす異常点と判断し、その部位に追加測定を行った。実際の Goldmann 視野計を用いた動的視野測定では、検者が測定中に視野変化を判断し独自の判断にて変化のある部位に測定経線を追加している。視野変化の判定に用いた角度という因子は、コンピュータを用いて測定することを可能とした。視野変化があると判断された部位に追加経線を測定する場合、異常角度を形成する2直線の中点に向け垂直の方向に再度視標を動かし応答を得た。この方法は予測されるイソプタに対して垂直に測定経線を動かすという Goldmann 視野計の基本的な測定法¹⁵⁻¹⁷から見ても適切な方法であると考えられる。

また患者応答のばらつきを抑えるために、全経線2回は測定を行いその応答点の間隔が20°以上なら3回目を測定し平均値を最終応答点とした。再測定の角度設定は正常者における同一応答点の変動幅の平均値を用いて行った。実験3の結果ではV/4eの変動幅の平均値が最も小さい値を示すが再測定にかかる測定時間を考慮し、測定条件の影響を受けにくい中心30°外イソプタ (V/4e, I/4e, I/3e) の平均値を採用した。実際再測定することにより患者応答のばらつきを最小限にでき、偽 spikes の発生を抑えることが可能となった。またこのアルゴリズムでは Stage ごとに角度判定し追加測定を行うためイ

ソプタを描写する際の応答点の順列が明確となった。測定時間の点からも新しいアルゴリズムは視野変化のない部位は最小限に、視野変化ある部位のみに自動で精密検査することができる効率的な測定アルゴリズムと考えられた。

動的視野測定では、視標の移動速度、年齢によってイソプタの範囲は変化する。一般的に視標速度を速くすると、視野は狭く測定される。過去の自動動的視野計を用いた検討では、この傾向は特に中心30°内に強く認められ、さらに高齢者ほど視標の移動速度に影響を受けやすいとされている^{20,23}。実験2のイソプタ内部面積を用いた結果においても、視標速度が速くなるに従い面積は小さくなり、また年齢が高いほど面積は狭小化した(図8, 9)。特に視標サイズ、輝度が小さいほどその傾向は顕著であり、中心視野測定においては速度の遅い秒速2°が適していることが証明された。一方外部角度を用いた結果においては、各応答点における外部角度は各種測定条件の影響を受けにくく(図10, 11, 12)、角度は自動動的視野測定に適した指標であることが証明された。一方イソプタの変動幅は、20~30歳代が最も少なく、高齢になるほど変動幅は大きくなり、その傾向は視標が小さくなるほど、また暗くなるほど著しいと過去に報告されている^{24,25}。面積および角度を用いた結果においても、視標サイズ、輝度が小さくなるほど個体内個体間ともに変動幅は大きくなり、特にI/1eにおいては視標速度が速いほど年齢が高いほど変動幅が大きくなる傾向を示した(図12, 14)。視標速度、年齢がイソプタ内部面積に与える影響(図8, 9)、外部角度の変動幅に与える影響(図10, 12)、内部面積の偏差率に与える影響(図13, 14)を検討した結果、中心30°内では測定条件にてよる影響が大きくなるため、従来から言われている^{26,27}ように中心30°内は静的視野測定が適していることが確認された。

また角度という指標を用いて自動動的視野測定を進めていく上で、正常異常を判定する角度範囲を定める必要がある。角度範囲を狭くすると判定基準が厳しくなり正常を異常と判断する応答点が増加し、その結果測定時間が大幅に増加してしまう。一方角度範囲を広くすると視野異常の検出率が下がってしまう。実験1で算出した角度範囲の最適値150~240°(図6)は実際の緑内障患者の測定結果から検出されたものであり、正常者を対象とした実験2の角度の平均値がその範囲を逸脱する割合は中心30°外イソプタ(V/4e, I/4e, I/3e)では約1割以下であるのに対し、中心30°内イソプタ(I/2e, I/1e)ではその割合が大きくなる(表2)。つまり正常を異常と

判断する点が増えその結果測定時間が長くなってしまふことから、実験1で得られた角度範囲は中心30°外のイソプタ測定に適したものであると考えられた。

実験4では実際に緑内障症例をProgram Kで測定しその有用性を検討した結果、Goldmann視野計を用いた動的視野測定の結果とかなり一致した結果を得ることができた(図15, 16, 17, 18)。我々の開発したProgram Kは中心30°内を静的測定したのち短時間で周辺に動的視野測定を加えることで、初期から後期の緑内障性視野変化の全体像を把握できる機能を十分に備えていると考えられた。また一台の視野計で静的および動的視野測定の両方が可能なことは医療経済的にも価値があると考えられた。

現行のプログラムではアルゴリズムの関係上、固視部と耳側周辺部が分離した視野を持つ極度の視野進行例を測定することは不可能であり、また暗点に関しての探索アルゴリズムは搭載されていない。検査時間の短縮など検討すべき課題がまだ残されており、今後さらにプログラムの改良を加えていく予定である。

謝 辞

稿を終えるにあたり、御校閲を賜りました恩師下村嘉一教授に深甚なる謝意を表します。また、終始御助言、御指導を賜りました松本長太助教授ならびに教室の諸先生方に感謝の意を表します。

本論文の一部は第105回日本眼科学会総会専門別研究会・視野(横浜, 2001年4月)、第106回日本眼科学会総会専門別研究会・視野(仙台, 2002年5月)、第107回日本眼科学会総会専門別研究会・視野(福岡, 2003年4月)において発表した。また、本研究は平成13~14年度科学研究費(課題番号13671859)の補助を受けた。

文 献

1. Aulhorn E (1968) Glaukoma-Gesichtsfeld. *Ophthalmologica* 158: 469-487
2. Seamone C, LeBlanc R, Rubilowicz M, Mann C, Orr A (1988) The value of indices in the central and peripheral visual fields for the detection of glaucoma. *Am J Ophthalmol* 106: 180-185
3. Miller KN, Shields MB, Ollie AR (1989) Automated kinetic perimetry with two peripheral isopters in glaucoma. *Arch Ophthalmol* 107: 1316-1320
4. 高橋 広, 花井良江, 土井涼子, 岩本寛子, 山田信也(2002) 柳川リハビリテーション病院におけるロービジョンケア, 第8報 緑内障患者に対するロービジョンケア. あたらしい眼科 19: 673-678
5. 浅野紀美江, 川瀬和秀, 山田敬子, 杉山和久(2002) 緑内障におけるロービジョンケア 視野による評価. あたらしい眼科 19: 771-774
6. Portney GL, Krohn MA (1978) Automated perimetry,

- background, instruments and methods. *Surv Ophthalmol* 22: 271-278
7. Heijl A, Drance SM (1981) A clinical comparison of three computerized automatic perimeters in the detection of glaucoma defects. *Arch Ophthalmol* 99: 832-836
 8. 橋本茂樹, 松本長太, 有村英子, 高田園子, 奥山幸子, 下村嘉一 (2003) Octopus101 kinetic program の使用経験. *眼紀* 54: 200-204
 9. Lynn JR, Swanson WH, Fellmann RL (1991) Evaluation of automated kinetic perimetry (AKP) with the Humphrey Field Analyser. *Perimetry Update* 1990/1991: 433-452
 10. Ballon BJ, Echelman DA, Shields MB, Ollie AR (1992) Peripheral visual field testing in glaucoma by automated kinetic perimetry with the Humphrey Field Analyzer. *Arch Ophthalmol* 110: 1730-1732
 11. Traquair HM (1931) Perimetry in the study of glaucoma. *Trans Ophthalmol Soc UK*: 585-599
 12. Rönne H (1909) Über das Gesichtsfeld beim Glaukom. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 47: 12-33
 13. 湖崎 弘, 井上康子 (1972) 視野による慢性緑内障の病期分類. *日眼会誌* 76: 1258-1267
 14. 湖崎 弘, 井上康子 (1975) 慢性緑内障の新しい病期分類, 視野による病期分類と他の症状との関連. *眼科* 17: 1007-1022
 15. Anderson DR (1987) *Perimetry, With and Without Automation*, St Louis, C V Mosby Co, pp 347-436
 16. 遠藤成美 (1988) 視野検査. *眼科 MOOK* 36 視野. 東京: 金原出版, pp 31-43
 17. 原澤佳代子 (1997) Goldmann perimeter の使いかた. *眼科診療プラクティス* 28 視野のすべて. 東京: 金原出版, pp 142-147
 18. 可児一孝 (1985) 視野検査. *眼科 MOOK* 3 眼科一般検査法. 東京: 金原出版, pp 62-82
 19. 馬場裕行 (1986) 正常者におけるゴールドマン視野の定量化に及ぼす諸因子の検討. *日眼会誌* 90: 970-974
 20. Dubois-Polsen A (1960) de la fonction visuelle le glaucome chronique. *Ophthalmologica* 139: 155-213
 21. 松尾治亘, 古瀬 萌, 原たか子 (1963) 動的視野計測に関する研究, 第1報 正常値について. *日眼会誌* 67: 1049-1054
 22. Johnson CA, Keltner JL (1987) Optimal rates of movement for kinetic perimetry. *Arch Ophthalmol* 105: 73-75
 23. Wabbels B, Kolling G (2001) Automated kinetic perimetry using different stimulus velocities. *Ophthalmologie* 98: 168-173
 24. 浜田嶺次郎, 古野史郎, 松尾治亘 (1981) 動的量的視野の形態計測的研究, I 正常視野の判定と異常視野の判定について. *日眼会誌* 85: 1644-1654
 25. 鈴村弘隆, 古野史郎, 松尾治亘 (1983) 立体視野の体積および形状係数による客観的評価法, 年代別正常値と異常視野について. *眼紀* 34: 2448-2457
 26. Fankhauser F, Schmidt TH (1958) Die Untersuchung der räumlichen Summation mit stehender und bewegter Reizmarke nach der Methode der quantitativen Lichtsinnperimeterie. *Ophthalmologica* 135: 660-666
 27. Gougnard L (1961) Etude des summations spatiales chez le sujet normal par la perimetrie statique. *Ophthalmologica* 142: 469-486