
シンポジウム

視覚の生理学

Physiology of Vision

第478回新潟医学会

日 時 平成4年5月16日(土) 午後2時
会 場 新潟大学医学部 有壬記念館

- 司 会 1. 眼科領域から 岩田和雄教授(眼科)
2. 生理学領域から 車田正男教授(第二解剖学)
3. 解剖学領域から 板東武彦教授(第一生理学)

演 者 阿部春樹(眼科), 高木峰夫(眼科), 吉沢豊久(眼科), 板東武彦(第一生理学), 芹澤正博・星野嘉恵子・平野茂樹・車田正男(第二解剖学)

司会 ただ今から、視覚の生理学のシンポジウムということで、一応二時間予定しており、眼科の方から3題、生理学領域から1題と解剖学教室から1題ということで司会を3教授でやっていただくことになっております。

私が最初のセッションのところを司会させていただきます。それから第二番目の板東教授のところは車田先生に車田先生のところは板東教授がされます。

最初板東教授が新潟に赴任されたころ、視覚の生理学に関する研究会を始めましょうとお話してたんですが、昨年から新任の車田教授が同じ方面の研究をなさっております。これはいいチャンスだなあと思ってたんですが、今回はたまたまその第一回というつもりでシンポジウム形式で発表させていただきたいと思います。

私共の方は主に臨床面を担当している訳でございます。いろいろな疾患に際しましてこういう症状を呈する時には一体どこが悪いのであろうかと、あるいはまだ

クリニカルに余りサインが出ていないときでも、検査所見で異常が出たときに、どの部分にどのような変化があるのかというようなことを、非常に知りたいわけですし、それをベースにして新しい治療法とか早期の治療ということも可能になるわけでございますので、いろいろこの基礎の方に情報を提供したり、また情報を提供していただいて、お互いにディスカッションすることでまた新しいことが生まれるんじゃないかと、思ってるわけでございます。

本日は、眼科の領域からは3人発表させていただきます。最初に阿部講師が、網膜から後頭葉まで、ということで電気生理学的なアプローチ、それから心理物理学的なアプローチも、いろいろとやっておりますので、本日は主にこの視覚の空間と時間周波数特性ということについて、概略のお話をしてもらいます。どうぞよろしく。

1) 視覚の空間・時間周波数特性

第1報 視覚の空間周波数特性の検討

新潟大学医学部眼科学教室 (主任: 岩田和雄教授)

阿部 春樹・長谷川 茂

高木 峰夫・吉澤 豊久

臼井 知聡

Spatial and Temporal Frequency Characteristics of Vision
1st Report; Study on Spatial Modulation Transfer Function of Vision in
Normal Subjects and Patients with Glaucoma

Haruki ABE, Shigeru HASEGAWA,
Mineo TAKAGI, Toyohisa YOSHIZAWA and Tomoaki USUI

*Department of Ophthalmology, Niigata University
School of Medicine
(Director: Prof. Kazuo IWATA)*

Subjective and objective spatial contrast sensitivity (spatial modulation transfer function) were measured in ten eyes of five patients with ocular hypertension (age range 18 to 51 years) and 94 eyes of 55 patients with primary open-angle glaucoma (POAG; age range 16 to 74 years). Servings as controls were 83 eyes of 47 normal subjects (age range 15 to 72 years) who were divided into two groups, those younger than and those older than 40 years of age, whereby normal values were obtained. After age matching, patient's values were compared with those of normal subjects. In normal subjects, the subjective spatial contrast sensitivity showed the maximum peak at the spatial frequency of 3.12 cycle/degree, and the significant deterioration of contrast sensitivity by aging was found at all spatial frequencies (0.78~12.4 cycle/degree) examined.

With regard to the 94 eyes of 55 patients with POAG, the deterioration of spatial contrast sensitivity became prominent and frequent as the optic nerve damage progressed, and those with high spatial frequency loss comprised the largest group of 40%, followed by the low spatial frequency loss of 21%, level loss of 21% and normal group represented 18% of the study population.

To estimate spatial MTF objectively, the peak latency of P₁₀₀ component of pattern VEP was investigated. VEP data were obtained using checkerboard pattern stimuli counterphase-alternated at 1.25 Hz. Four check sizes (3.6, 7.2, 14.4 and 28.8 min. of

Reprint requests to: Haruki ABE
Department of Ophthalmology, Niigata University
School of Medicine, Asahi-machi 1, Niigata City,
951, JAPAN.

別刷請求先: 〒951 新潟市旭町通1番町
新潟大学医学部眼科学教室

阿部 春樹

arc) and four contrast levels (2, 5, 10 and 50%) were used. The mean contrast sensitivity in normal subjects, derived from VEP peak latency, was found to be maximum at 14.4 min. of arc, and the objective spatial MTF curve coincided well with that of the subjective one at all spatial frequencies examined. The statistically significant positive correlation was found between objective contrast threshold and subjective one (the coefficient of correlation was 0.725 ($p < 0.005$)).

The deterioration of objective spatial contrast sensitivity, derived from VEP peak latency, was found to be much more prominent than that of the subjective one in patients with glaucoma.

Key words: spatial contrast sensitivity, spatial modulation transfer function, pattern VEP, glaucoma

空間的コントラスト感度, 空間的 MTF, パターン VEP, 緑内障

結 言

近年視覚の形態覚機能を、より多岐にわたる測定条件下で定量的な機能関数として評価する手段として、眼という感覚器および視神経から大脳視中枢に至る視路の空間周波数特性、すなわち空間的 MTF (Modulation Transfer Function) を分析する手法が、眼科臨床領域でも注目されるようになってきた。

今回は、正常被検者および緑内障患者において、自覚的には心理物理学的手法を用いて、また他覚的にはパターン VEP (パターン刺激による視覚誘発電位) を指標にして空間周波数特性 (空間的 MTF) を測定し、その特性と両者の差異について検討した。

対 象 と 方 法

1. 測定方法

自覚的空間周波数特性 (自覚的空間 MTF) の測定には米国 Cadwell 社製の CTS-5000 を用いた。視覚 8° 、平均輝度 93 cd/m^2 の TV モニター上に、空間周波数 $0.78 \sim 12.4 \text{ cycle/degree}$ の範囲で、7 種類の空間周波数からなる縦方向の sinusoidal gratings (空間的にサイン波様にコントラストが変化する白黒の縦ジマ模様) を呈示した。明室にて測定距離 1.5 m、片眼視屈折完全矯正下で各空間周波数ごとに上下法にてコントラスト閾値を求めた。測定は 3 回づつ行ないその平均値をとった。視力は Landolt 環標準視力表を、視野は Goldmann 動量的視野計と、Humphrey 自動視野計を用いて測定した。また眼底は散瞳の上で、同時立体眼底カメラ (Topcon TRC-SS) で立体撮影を行い stereo viewer

で観察した。

次にパターン VEP の測定には、脳波の 10-20 法にならない Oz を関電極 (針電極) に、両耳朶を Ag-AgCl 皿電極を用いて、それぞれ不関電極と接地電極とした。得られた誘発電位は、日本光電製 Neuropak 8 を用いて low cut filter 0.5 Hz, high cut filter 100 Hz, 解析時間 400 msec にて増幅され、50 回ないし 100 回加算した後に結果をメモリー転送し、floppy disk 上に記録した。測定終了後に VEP の解析を行なった。

パターン VEP の視覚刺激としては、パターンジェネレーター (Medelek 社製) にて作製した checkerboard pattern を TV モニター上に、平均輝度 45 cd/m^2 にて呈示した。checkerboard pattern は、4 つの check size ($3.6'$, $7.2'$, $14.4'$, $28.8'$) と、そのおのおのについてコントラストレベルを (2%, 5%, 10%, 50%) の 4 段階に変化させた。また時間周波数 1.25 Hz (すなわち 2.5 反転頻度/秒) の反転刺激 (矩形波変調) を用いた。測定は明室のシールドルーム内で、観察距離 283 cm (TV スクリーンは視角にて $7.8 \times 6.3 \text{ deg}$) にて、屈折完全矯正下で調節麻痺剤を用いずに片眼視にて行なった。

次に既報¹⁾の方法のごとく、各空間周波数ごとに最小二乗法によって、log contrast- P_{100} latency line の回帰直線を求め、さらにコントラスト 50% における P_{100} 頂点潜時に 30 msec 加えた水平線と、先に決定した回帰直線との交点をコントラスト閾値とした。

2. 対 象

対象は、自覚的空間周波数特性ではまず矯正視力 1.2 以上で $\pm 3.0 \text{ D}$ 以上の屈折異常を有しない正常被検者 47

例83眼(年齢15才~72才, 平均 38.9 才, 標準偏差 17.0 才)で, これを40才未満52眼(平均 27.4 才, 標準偏差 7.6 才)と40才以上31眼(平均 58.2 才, 標準偏差 8.5 才)の2群に分けて, コントラスト感度の平均値と標準偏差を求めた。次に, 病眼の対象はハンフリー視野に明らかな異常所見を認めない高眼圧症5例10眼(18才~51才)と, ハンフリー視野やゴールドマン視野に異常を認める原発開放隅角緑内障(POAG)55例94眼(16才~74才)で, 緑内障の視野は Aulhorn 分類第1期から第4期に分類された。

次にパターン VEP による他覚的空間周波数特性(他覚的空間 MTF)の測定における対象は, ± 3.0 D 以上の屈折異常を有しない矯正視力 1.2 以上の正常被検者8例14眼で平均年齢 37.9 才(25~61才, 標準偏差 13.2 才)と, 高眼圧症ならびに原発開放隅角緑内障21例33眼(18~58才)で, そのハンフリー視野の mean deviation は $+0.28 \sim -30.7$ dB に分布していた。

結 果

1. 自覚的空間周波数特性

まず対象となった47例83眼の正常被検者全体のコントラスト感度の平均値と標準偏差を算出して空間 MTF 曲線を求めた。その結果は, MTF 曲線は 3.12 cycle/degree 付近に modulation 感度のピークを有する山型を呈し, 0.78 ~ 3.12 cycle/degree まではなだらかな上昇を, 3.12 cycle/degree 以上では比較的急峻に下降するカーブを描いた。次に加齢の影響を検討するために, 40才未満の52眼と40才以上の31眼の2群に分けて, 各群のコントラスト感度の平均値と標準偏差を各空間周波数ごとに算出した。その結果検査したすべての空間周波数において40才以下と40才以上の2群間で t 検定にて, コントラスト感度に有意差 ($p < 0.05$) を認めた (Fig. 1)。すなわち, 40才以上の群のコントラスト感度は40才以下に比して有意に低下しており, 加齢の影響が認められた。

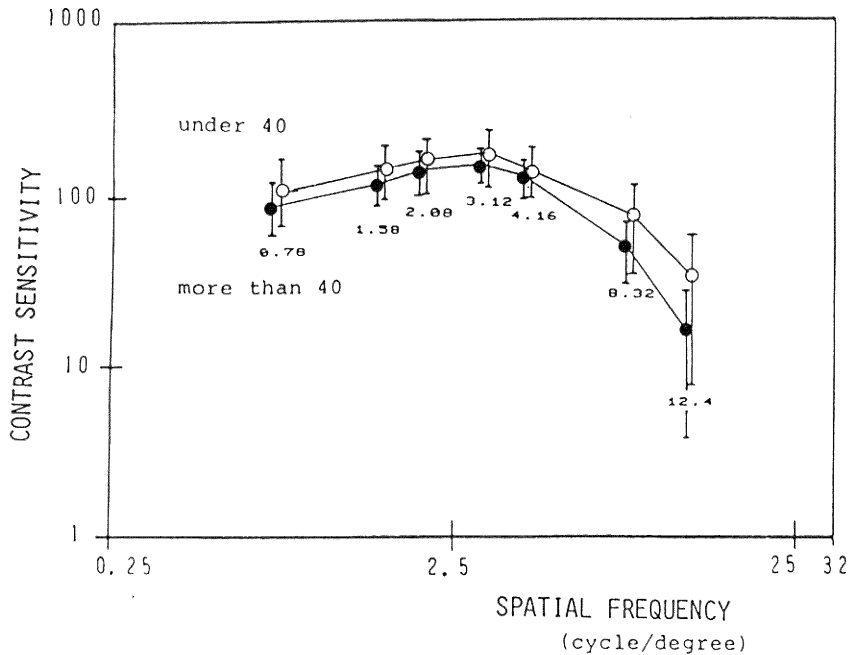


Fig. 1. Subjective spatial contrast sensitivity (spatial modulation transfer function) in normal subjects.

; Mean and SD of contrast sensitivity of two groups of normal subjects, those younger than (open circle) and those older than 40 years of age (closed circle).

Table 1 Subjective spatial contrast sensitivity in patients with primary open-angle glaucoma.

Stage of Glaucoma Contrast Sensitivity	Early Glaucoma (46 eyes)	Moderately Advanced Glaucoma (24 eyes)	Advanced Glaucoma (24 eyes)	Total (94 eyes of Glaucoma)
Normal	43%	12%	0%	18%
Low frequency loss type	26%	29%	8%	21%
High frequency loss type	25%	50%	45%	40%
Level loss type	6%	9%	47%	21%

Early POAG (Aulhorn's Stage I-II), Mod-Advanced POAG (Aulhorn's Stage III), Advanced POAG (Aulhorn's Stage IV)

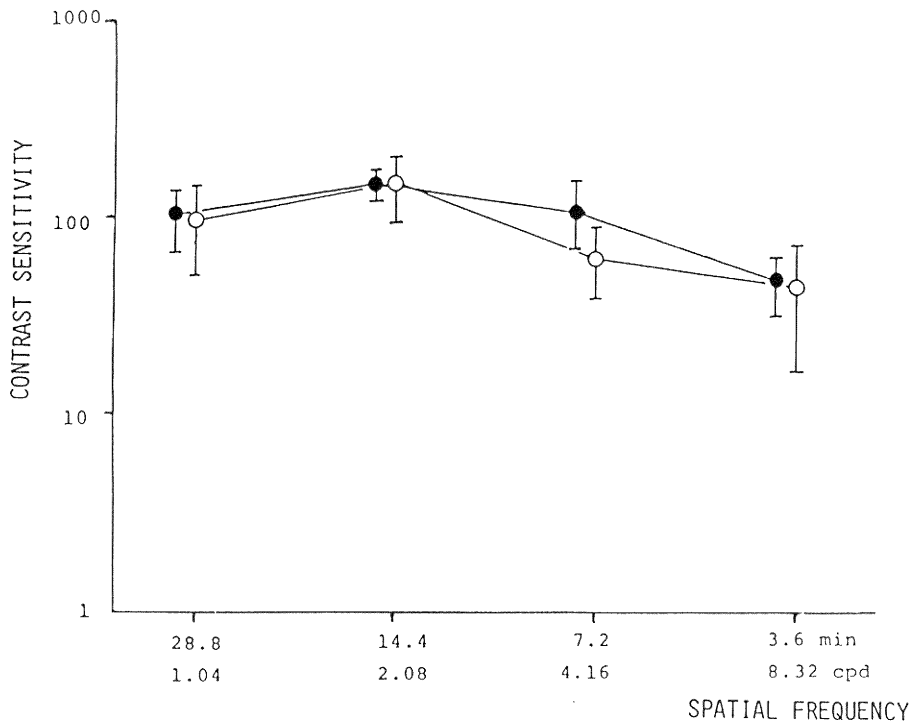


Fig. 2. Subjective and objective (pattern VEP) spatial contrast sensitivity (spatial modulation transfer function).
; Mean and SD of subjective (closed circle) and objective spatial contrast sensitivity (open circle).

特に中間周波数領域 (2.08~4.16 cycle/degree) に比して、低周波数領域 (0.78~1.56 cycle/degree) と、高周波数領域 (8.32~12.4 cycle/degree) において統計的有意差がより大きかった。

次に高眼圧症眼(OH)と原発開放隅角緑内障(POAG)における結果は、まずハンフリー視野に有意な異常を認めない高眼圧症10眼のコントラスト感度はすべて正常範囲であった。つぎにゴールドマン視野のI-2以下のイ

ソプターかハンフリー視野に初期異常を認める初期緑内障46眼のコントラスト感度は、正常型43%、低空間周波数域感度低下型26%、高空間周波数域感度低下型25%、全空間周波数域感度低下型6%であった。またゴールドマン視野の I-4 以下のイソプターの異常を認めるか、V-4 イソプターに 1/4 未満の異常を認める中期緑内障24眼のコントラスト感度は、正常型12%、低空間周波数域感度低下型29%、高空間周波数域感度低下型50%、全空間周波数域感度低下型9%であった。さらに進行してゴールドマン視野の V-4 イソプターに 1/4 以上の欠損を認める末期緑内障では、全空間周波数域感度低下型が47%と最も多く、ついで高空間周波数域感度低下型が45%、低空間周波数域感度低下型が8%認められたが正常型は認められなかった (Table 1)。

2. パターン VEP による他覚的空間周波数特性

4つのチェックサイズごとに、コントラストレベルを4段階に変化させて16回測定した。各チェックサイズごとに、S/N 比が悪く VEP が不明瞭で計測困難な場合を除外し、4レベルのコントラストのうち3レベル以上 P₁₀₀ 頂点潜時が確認された場合に限り回帰直線を求めコントラスト閾値を決定した。正常被検者では各チェックサイズとも P₁₀₀ 頂点潜時は、コントラスト50%時にやや飽和傾向を認めたが、コントラストレベルの低下とともにほぼ直線的に延長した。P₁₀₀ 頂点潜時の変動係数も5~10%と小さく、振幅の36%以上に比して固体差が少ないことが明らかとなった。また VEP の P₁₀₀ 頂点潜時を指標として求めたコントラスト感度の平均値と標準偏差をチェックサイズに対してプロットし、チェックの白黒の1対を1 cycle として自覚的コントラスト感度と比較すると、VEP による MTF 曲線はチェックサイズ14.4' に、また自覚的 MTF 曲線は空間周波数 2.08 cycle/degree にピークをもった互いに近似した曲線となった (Fig. 2)。さらに VEP の P₁₀₀ 頂点潜時より求めたコントラスト閾値と自覚的コントラスト閾値との間には相関係数 $R=0.725$ ($p<0.005$) と、統計学的に有意な正の相関を認めた。

一方、緑内障眼における自覚的コントラスト感度測定とパターン VEP の P₁₀₀ 頂点潜時によるコントラスト感度測定の結果では、自覚的コントラスト感度より VEP によるコントラスト感度の低下が著しい傾向を認め、さらに VEP の P₁₀₀ 頂点潜時より求めたコントラスト閾値と自覚的コントラスト閾値の間には相関係数 $R=0.427$ ($p<0.05$) と正常眼より低下していた。また緑内障 (P

OAG) 26眼において求めた自覚的 MTF と VEP による他覚的 MTF を比較した結果では、両者の空間周波数特性の一致群が26眼中16眼 (61.5%)、不一致群は26眼中10眼 (38.5%) で、このうち9眼 (全体の 36.4%) は VEP による他覚的 MTF の障害が自覚的 MTF の障害より著明であった。また両者の一致群と不一致群間で、ハンフリー視野の global index を比較検討したところ、両群間ではびまん性の視野障害の指標となる MD (mean deviation) にのみ t 検定で有意差が認められた。

考 按

視覚系の MTF の概念は 1958 年 De Lange²⁾ によってはじめて時間次元で確立され、その後 Westheimer³⁾ (1960 年)、Campbell⁴⁾ (1970 年) らにより空間次元でその測定が試みられた。例えば視力はコントラスト 100%での最小分離能をあらわしているのみであり、視覚の形態覚機能をより広範囲な測定条件下で、定量的な機能関数として評価する手段として空間周波数分析という手法が用いられるようになった。この手法を用いることにより、眼の画像処理能力を視力より適切に Modulation Transfer Function (略して MTF) としてあらわされるために、近年眼科学領域においても網膜疾患⁵⁾⁶⁾、視神経疾患⁷⁾⁸⁾、緑内障⁹⁾¹⁰⁾、白内障¹¹⁾そして眼内レンズ挿入眼の glare¹²⁾ 障害の測定などに臨床応用されるようになった。この空間的 MTF 測定の簡便法としては、従来より Campbell chart や Arden grating chart のように正弦波縞模様の Plate に、縦軸方向にコントラストの変化をつけて印刷された Plate を用いてその縞模様の弁別閾値を測る方法がある。今回私共の用いた TV モニター上に呈示した sinusoidal gratings を用いたコントラスト感度測定法は、上記のチャートを用いる方法に比して、より精密に幅広い空間周波数領域での定量的な閾値測定が可能であり、短時間でできることから臨床応用も可能である。

次にパターン VEP によるコントラスト感度測定は、Campbell⁴⁾ と Maffei (1970) をはじめとしていくつかの報告^{13)~15)}があるが、そのほとんどは steady state VEP の振幅を指標としたものである。しかし VEP の振幅は今回の結果でも、P₁₀₀ 頂点潜時の変動係数が5~10%に比して振幅は36%以上と大きく、個体間の偏差が大きいという問題がある。特に低コントラスト条件では、VEP 振幅は α 波等の背景脳波やノイズレベルに大きく左右されるため補外法によりコントラスト閾値を求めると誤差が大きくなる可能性がある。一方、VEP 振幅に

比して我々が着目した transient VEP の P_{100} 頂点潜時は個体間並びに測定回ごとの偏差が小さい。しかも低コントラスト条件でも段階的にコントラストを低下させて記録した VEP 波形を比較することによって P_{100} 頂点潜時の決定は比較的容易であるなどの利点がある。この点に着目して我々は Pattern VEP の P_{100} 頂点潜時を指標とした新しい空間的 MTF 測定法を考案した。しかし本法の問題点としては、潜時には振幅における $0\mu V$ line のような概念的に受け入れやすい基準がないことや、今回は自覚法では sinusoidal gratings を、VEP (他覚法) では矩形波変調のチェッカーボードパターンを用いたために、自覚法と他覚法の刺激が同一でないこと、さらに VEP (他覚法) は測定に時間がかかるなどの欠点がある。また、すでにいくつかの報告にあるように、振幅は高コントラストでは飽和し、低コントラストと高コントラストでは処理系がことなる (parvocellular layer と magnocellular layer) ため、できるだけ低いコントラストレベルで回帰直線を求める必要があると考えられる。我々の結果でも、コントラスト50%時には、peak latency においてもやや飽和傾向が認められたため、振幅と同様の機序が存在する可能性があり、より低いコントラストレベルでパターン VEP 測定を行う方が良いと考えられた。この点は今後さらに検討する予定である。

結 論

正常被検者および原発開放隅角緑内障患者を対象として、自覚的には心理物理学的手法を用いて、また他覚的にはパターン VEP の P_{100} 頂点潜時を指標として、空間的 MTF (Modulation Transfer Function) を測定し、その特性と差異について検討した。

1. 正常被検者の自覚法による空間的 MTF 曲線は、3.12 cycle/degree 付近に modulation 感度のピークを有する band pass 型の特性を示した。また40才未満と40才以上の2群において、検査した 0.78~12.4 cycle/degree の範囲のすべての空間周波数で、t 検定にてコントラスト感度の有意差 ($p<0.05$) を認め、加齢によるコントラスト感度低下が確認された。

2. 高眼圧症や極早期緑内障の空間的 MTF 曲線は、その大多数で正常範囲にとどまり、さらに視神経障害が進行するにつれて、高空間周波数感度低下型ないしは低空間周波数感度低下型の空間的 MTF 特性を呈する症例が増加した。さらに視神経障害が進行して末期に至ると、全空間周波数感度低下型の空間的 MTF 特性を示す症例が増加し、緑内障の病期と視神経障害の程

度によって空間周波数特性が変化することが明らかにされた。

3. Pattern VEP の P_{100} 頂点潜時は振幅に比して個体差ならびに測定ごとのばらつきが少なく、臨床的に有用な指標となることが確認された。また Pattern VEP の P_{100} 頂点潜時と刺激パターンのコントラストの対数値との間には、50%より低コントラスト域ではほぼ直線関係がありこれを越えると飽和することより、50%より低コントラスト域の刺激を用いる必要があることが明らかにされた。私共の考案による Pattern VEP の P_{100} 頂点潜時を指標とした他覚的なコントラスト感度測定法は、その空間的 MTF 曲線が正常被検者では自覚的に求めた空間的 MTF 曲線と近似し、かつ Pattern VEP と自覚的に測定したコントラスト閾値が高い相関を示したことから、その有用性が確認された。

4. 高眼圧症や緑内障の Pattern VEP の P_{100} 頂点潜時を指標にした他覚的な空間的 MTF は自覚的に測定した空間的 MTF より感度低下が著明であり、かつハンフリー視野の global index との比較により自覚法に比して初期緑内障の中心視野のびまん性障害をより良く反映することが明らかとなった。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました新潟大学医学部眼科岩田和雄教授に深謝いたします。(本論文の要旨の一部は第34回日本臨床電気生理学会にて発表した。)

参 考 文 献

- 1) 長谷川 茂, 阿部春樹: パターン VEP によるコントラスト感度測定に関する研究. 眼紀, 38: 878~885, 1987.
- 2) De Lange, D.H.: Research into the dynamic nature of the human fovea cortex system with intermittent and modulated light. 1. Attenuation characteristics with white and color light. J. Ophthalmic Soc. Amer., 48: 777~784, 1958.
- 3) Westheimer, G.: Modulation thresholds for sinusoidal light distribution on the retina. J. Physiol., 152: 67~74, 1960.
- 4) Campbell, F.W. and Maffei, L.: Electrophysiological evidence for the existence of orientation and size detectors in the human visual system. J. Physiol., 207: 635~652, 1970.
- 5) 萱沢文雄: 網膜疾患の視覚の周波数特性. 眼臨, 77:

- 1450~1454, 1982.
- 6) **Sjöstrand, J.:** Contrast sensitivity in macular disease using small field and a large field TV system. *Acta. Ophthalmol.*, **57**: 832~846, 1979.
 - 7) **Arden, G.B. and Gucukoglu, A.G.:** Grating test of contrast sensitivity in patients with retrobulbar neuritis. *Arch. Ophthalmol.*, **96**: 1626~1629, 1978.
 - 8) 田上勇作, 諫山義正, 他: 閾上値空間コントラスト伝導特性の測定と眼科臨床への応用. 視神経疾患についての検討. *臨眼*, **35**: 621~627, 1981.
 - 9) **Arden, G.B. and Jacobson, J.J.:** A simple grating test for contrast sensitivity; preliminary results indicate value in screening for glaucoma. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, **17**: 23~32, 1978.
 - 10) 中山 徹, 阿部春樹, 坂井豊明, 他: 緑内障における Arden grating test の評価. *神経眼科*, **2**: 37~42, 1985.
 - 11) 坂井豊明, 中山 徹, 阿部春樹, 他: 正常眼および白内障眼における Arden grating test とその評価. *眼紀*, **34**: 2442~2447, 1983.
 - 12) 藤原隆明: 新しい検査と治療. グレアテスト. *眼科*, **32**: 971~983, 1990.
 - 13) **Bodis-Wollner, I., Hendly, D.D. and Kulikowski, J.J.:** Electro-physiological and psychophysiological responses to modulation of a contrast grating pattern. *Perception*, **1**: 341~349, 1972.
 - 14) **Campbell, F.W. and Kulikowski, J.J.:** The visual evoked potential as a function of contrast of a grating pattern. *J. Physiol.*, **222**: 345~356, 1972.
 - 15) **Fiorentini, A., Pirchio, M. and Spinelli, D.:** Scotopic contrast sensitivity in infants evaluated by evoked potentials. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, **19**: 950~955, 1980.

1) 視覚の空間・時間周波数特性

第2報 視覚の時間周波数特性の検討

新潟大学医学部眼科学教室 (主任: 岩田和雄教授)

阿部 春樹・長谷川 茂
高木 峰夫・吉澤 豊久
白井 知聡

Spatial and Temporal Frequency Characteristics of Vision
2nd Report; Study on Temporal Modulation Transfer Function
of Vision in Normal Subjects and Patients with Optic Neuritis.

Haruki ABE, Shigeru HASEGAWA,
Mineo TAKAGI, Toyohisa YOSHIZAWA and Tomoaki USUI

Department of Ophthalmology, Niigata University

School of Medicine

(Director: Prof. Kazuo IWATA)

Subjective temporal modulation transfer function (temporal MTF) were measured in 21 eyes of 14 patients with optic neuritis (age range 24 to 62 years) to clarify the temporal

Reprint requests to: Haruki ABE
Department of Ophthalmology, Niigata University
School of Medicine, Asahi-machi 1, Niigata City,
951, JAPAN.

別刷請求先: 〒951 新潟市旭町通1番町
新潟大学医学部眼科学教室

阿部 春樹