

短 報

ヒトにおける視・聴覚の相互作用に関する研究

(筒井 純感覚矯正学科学科長追悼論文)

深井小久子¹⁾ 椎原久美子²⁾ 松田盈子³⁾ 早川友恵¹⁾ 川島幸夫^{1,2)}

川崎医療福祉大学 医療技術学部 感覚矯正学科¹⁾

川崎医科大学眼科学教室²⁾

川崎医科大学生理機能センター³⁾

(平成3年8月23日受理)

Studies on the Interaction Between Visual Stimulus and/or
Auditory Stimulus in Human.

Sakuko FUKAI¹⁾, Kumiko SHIHHARA²⁾, Eiko MATSUDA³⁾
Tomoe HAYAKAWA¹⁾ and Sachio KAWASHIMA^{1,2)}

*Department of Sensory Science, Faculty of Medical professions
Kawasaki University of Medical Welfare¹⁾*

*Department of Ophthalmology
Kawasaki Medical School²⁾*

*Human physiology center
Kawasaki Medical School³⁾*

*Kurashiki, 701-01, Japan
(Received on Aug. 23, 1991)*

Key words : visual evoked potential, auditory evoked potential, interaction,
visual-auditory interaction response, normal subjects

要 約

視覚と聴覚の相互作用については、視・聴覚同時刺激でネコ上丘の神経放電が著明に増大することが明らかにされている。本報ではヒトにおける視覚と聴覚の相互作用を誘発脳波により検討した。

対象は眼科・耳鼻科的疾患のない正常人8名(年齢21~67歳)である。刺激は光刺激(1 J)と音刺激(90dB)を組み合わせ、MOVING TOPOGRAPHY SYSTEM 711A(NEC三栄)にて短潜時視覚誘発反応と聴性脳幹反応の記録・解析を行った。

実験1: 視覚或は聴覚の単一刺激と視・聴覚同時刺激の誘発電位の比較を行った。同時刺激では単一刺激で出現しなかった反応波が潜時40msec.付近(平均振幅0.85 μ V)に検出された。検出率は6/8例(75%)であった。

実験2：聴覚刺激と視覚刺激の時間的ズレの影響を検討した。聴覚刺激200msec.後に視覚刺激を与えた時、P200成分は最大反応を示したが、再現性は認められなかった。

ヒトにおける視・聴覚相互作用電位の存在を明らかにした。

緒 言

視覚と聴覚は独立感覚であるが、しかし両者間には、増強、抑制などの相互作用があることがいわれている。1987年 Stein¹⁾はネコの上丘に植え込み電極を行い、視覚単一刺激のみ、聴覚単一刺激のみ、視・聴覚同時刺激の条件下で神経放電を記録した。視・聴覚同時刺激時の Peak discharge frequency (放電頻度)は視覚および聴覚の各々の単一刺激の時の約2倍に増強することを報告している。また、Molotchnikoff²⁾はウサギを用い、上丘表層の領野において、音刺激が視覚刺激の反応に及ぼす影響を研究している。その結果は、視・聴覚同時刺激により22.7%の視覚受容細胞は視覚単一刺激時より放電の増強を認めており、24.7%の細胞が放電の減弱を認めた。さらに増強放電を認めた細胞においては、音刺激の300msec.後に光刺激をした時、最大の増強率を示すことを報告している。

一方、足立³⁾は音のする方向に眼をむけ、動く物に耳をそばだてるといふヒトの先天性素質を視能矯正に応用しようとし Acoustic Synoptophore を試作し臨床的に視覚・聴覚同時刺激を導入した。ヒトにおいて臨床的には聴覚刺激後に視能訓練(視覚刺激)を行うと効果があることをしばしば経験する。そこで、これまでの動物実験の結果も踏まえて、ヒトにおいても視覚と聴覚の間になんらかの相互作用が存在するのではないかという問題が生じ、視・聴覚同時刺激の誘発電位と短潜時視覚誘発電位のみと、聴覚誘発電位のみとの比較と、視覚刺激を聴覚刺激より遅らせた場合の時間的ズレが誘発電位に及ぼす影響について試みた。

対象および方法

対象は21歳から67歳の眼科・耳鼻科的疾患のない正常人8名である。

誘発脳波の記録は、日本電気三栄製 MOVING TOPOGRAPHY SYSTEM 711A, 日本

電気三栄製脳波計1A98で測定した。刺激装置は日本光電製 NEUROPACK II と日本電気三栄製 PHOTO STIMULATOR 3G21-P (xenon flash) を用いて行った。音刺激はクリック音で NEUROPACK II からイヤホーンを通して両耳刺激を行った。光刺激は NEUROPACK II からの刺激パルスを PHOTO STIMULATOR 3G21-P に入力して 1 Joule で眼前50cmの位置より diffuser (乳白色プラスチック板) を介して両眼開放刺激で行った。光刺激を遅らせる場合は、日本電気三栄製 ELECTRO STIMULATOR 3 F-36 を間に使用した(図1)。

脳波の導出は国際10-20法に基づき16電極 (Fp₁, Fp₂, F₇, F₈, F_z, C₃, C₄, C_z, T₅, T₆, P₃, P₄, P_z, O₁, O₂, O_z) を関電極とし、基準電極は平衡型頭部外電極 (balanced noncephalic electrode: BNE) を使用した(図2)。

実験方法は2種類の刺激方法で試みた。実験1は視覚単一刺激、聴覚単一刺激、視・聴覚同時刺激の比較、実験2は聴覚刺激後の視覚刺激の時間的ズレの比較である。実験1の条件を示す。測定条件は時定数0.001sec., 高周波フィルター3.0kHz, 分析時間100msec., 加算回数1000回とした。①1J, 5Hzの光刺激のみ(両眼全視野) ②90dB, 5Hzの音刺激のみ(両耳) ③光刺激と音刺激の同時刺激(①+②)の3種類の条件で、誘発電位の測定を行った。分析方法としては、③の誘発反応から①の誘発反応を引くという subtraction method を用いて残った反応と、②の誘発反応を比較した。

実験2を示す。測定条件は時定数0.03sec., 高周波フィルター1.5kHz, 分析時間1000msec., 加算回数100回, 刺激1Hzとした。①音刺激後に光刺激を加える方法で、両者の時間間隔を0msec., 100msec., 200msec., 300msec.のそれぞれの場合、②光刺激のみの誘発電位の測定をした。データ分析は、反応の最も大きいと考えられる P200成分の頂点潜時の振幅の比較を行った。

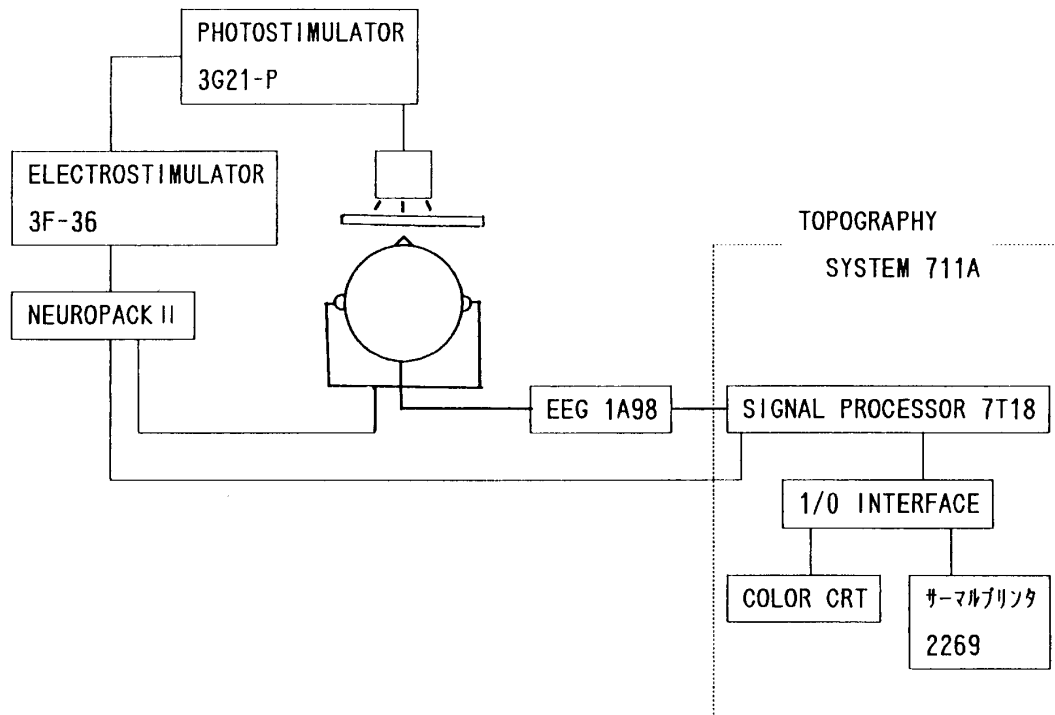


図1 実験装置

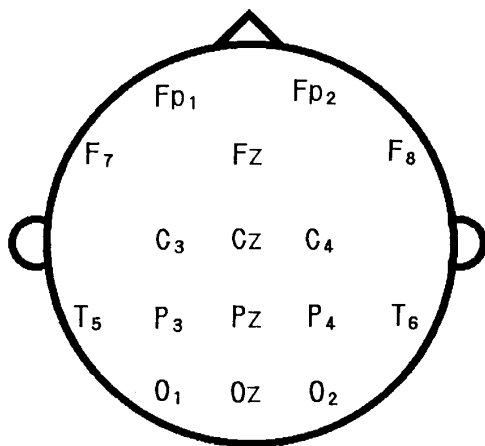


図2 電極配置

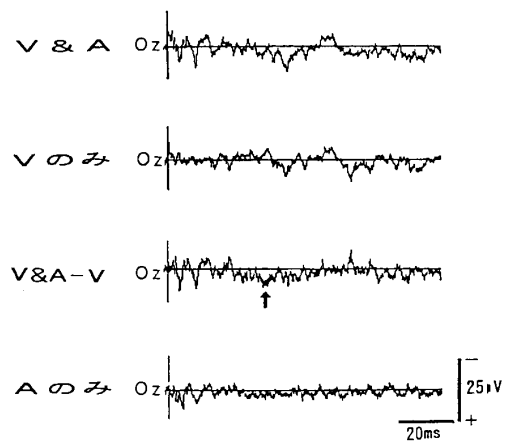


図3 視覚と聴覚誘発反応の相互作用
 V&A：視・聴覚同時刺激
 V：視覚（短潜時視覚誘発電位）刺激
 V&A-V：V&AよりVを減ず
 A：聴覚刺激

結果

実験1の結果を示す(図3)。視・聴覚同時刺激反応から視覚単一刺激反応を引いて残った反応は、両者の単純な加算波形であれば理論的には聴覚単一刺激反応と同じになる。しかし、8

例中6例(75%)に潜時約40msec.付近に聴覚単一刺激の反応にはみられなかった矢印に示す

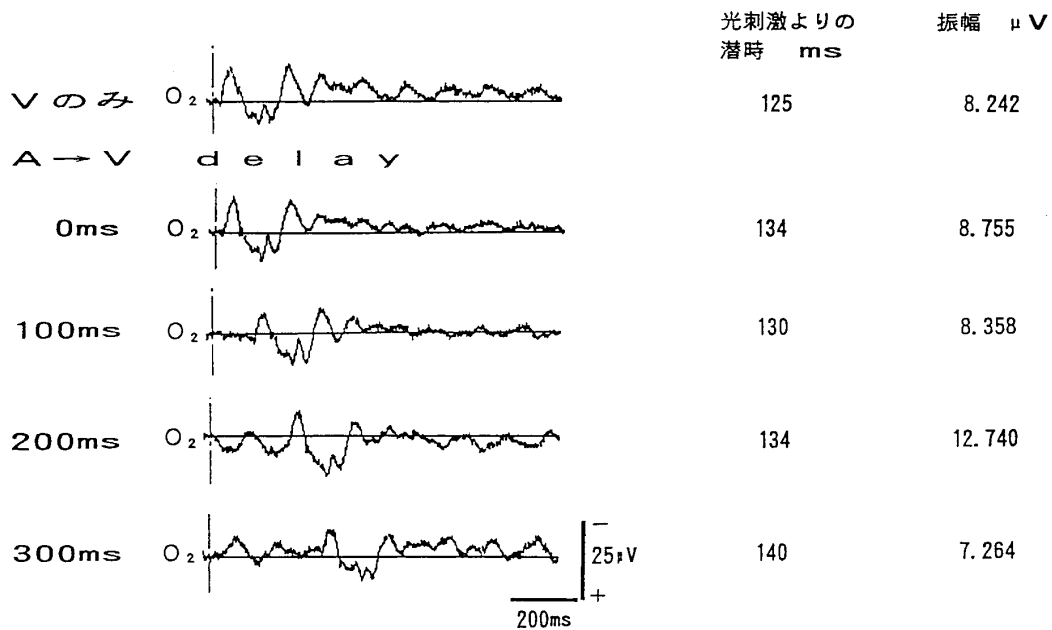


図4 刺激の時間的ずれによる脳波変化
A→V：聴覚刺激後の視覚刺激

ような平均潜時44msec., 振幅 $0.74\mu V \sim 0.98\mu V$ (平均 $0.85\mu V$)の陽性反応が頭皮上の広い範囲で認められた。同一被験者では5回施行中3回(60%)に同様な反応が認められた。

光刺激を音刺激より遅らせた実験2の結果を示す(図4)。上段は光刺激のみの誘発反応である。2段目以降は音刺激より光刺激を0msec., 100msec., 200msec., 300msec.遅らせた場合の各々の誘発反応である。光刺激による視覚誘発電位のP200成分に相当する頂点潜時は125msec.であった。光刺激を200msec.音刺激から遅らせた場合の頂点潜時は134msec.で著差は認められないが、振幅は $12.740\mu V$ で最大反応を示した。特にO₂の位置でこの傾向が強く認められた。本例では3回施行中3回ともに同様な傾向が認められたが、他の正常人ではこのような傾向は認められなかった。

考 按

視覚と聴覚の相互作用について視覚及び聴覚誘発電位測定法でアプローチした。その結果潜時約40msec. 附近に視・聴覚同時刺激により出

現する波形成分が認められ、これは視・聴覚相互作用により誘発される電位と考えた。ヒトにおけるこの反応は誘発電位上では小さな現象としてしかとらえられず、相互作用要素が痕跡程度に認められるもの、複数あるもの等の個人差が認められた。しかし、視・聴覚相互作用波の出現頻度は75%と高率であった。また脳電図において約40msec.の相互作用要素の出現位置の探索を試みたが、小さな反応のため、部位の同定は不可能であった。短潜時視覚誘発電位では、潜時40~50msec.あたりの反応成分は脳幹部由来の電位と考えられている^{4)~8)}。また、聴覚の伝導路である下丘と、視覚の伝導路である上丘の間に伝導路が存在することが既に報告されている⁹⁾¹⁰⁾。これらの事実より視覚路と聴覚路の唯一の接点である下丘と上丘間の伝導路により聴覚刺激が視覚に対して促進、抑制の影響を与えるのではないかと考えられた。

視覚刺激を遅らせる実験においては、1例のみに刺激時間のズレによる有意な差が認められた。今後症例を重ねて方法の検討が必要と思われる。

Stein¹⁾の報告では、視・聴覚同時刺激により単一刺激の約2倍の放電を認めている。これはネコの上丘に植え込み電極を挿入するという確実な方法での結果である。私共のヒトにおける研究では、上丘の神経細胞の直接的な放電とはいかないまでも、頭皮上の誘発電位の変化をとらえている点で両者の反応差は多少意味が異なるが、視・聴覚同時刺激によって単一刺激にはみられない相互作用要素と考えられる反応が出現したという意味では一致する。

また、Molotchnikoff²⁾は聴覚刺激と視覚刺激の間隔を300msec.にしたとき最大の放電を示すと報告した。私共の実験において刺激の時間ズレの間隔が200msec.の時、光刺激による視覚誘発電位の判定成分であるP200が12.74 μ Vの最大振幅を示した1例を認め、Molotchnikoffの報告に類似点を認めた。

聴覚刺激には両耳にイヤホンを使用したか、これは構造上外部に音が漏れることがあり、均一にしかも正確に90dBで刺激できない点が刺激方法の欠点として考えられる。今後は頭皮上16個の電極を装着したうえで、アーチファクトが入らないような方法でヘッドホン式に改良することを考慮している。正確な音刺激が確実にできるようにすれば、音の強さを変化させることによって、そのデータの比較が可能になり更には刺激の閾値が判明すると考えられる。

次にバンドパス（周波数帯域）の問題であるが、実験1では脳幹部等の深部の反応が予測される為、高周波数のバンドパスを用いた。実験2では動物実験を参考に、緩徐な反応ではないかという推測より設定した。今後は更にバンドパスを変更しての実験が必要と考えている。

脳波における個体差の問題として α 波（意識レベル）、筋電図の混入がデータ分析を妨げる条件として考えられた。今回はFp₁、Fp₂に出現

するERG（Electroretinogram）の一致性によりデータの採否を行ったが、他の部位での筋電図等のため、小さな反応が消失することも考えられ、これからの課題にしたい。

データの分析法は、視・聴覚同時刺激反応と、視覚刺激のみの反応と聴覚刺激のみの反応を加算したものを比較したが、反応が複雑で両者間の十分な比較ができなかった為、反応が比較的単純な聴覚反応で比較する subtraction method を用いた。視・聴覚同時刺激反応から視覚刺激反応を差し引いた反応波で比較を行うので、各測定過程における器械的又は人為的な要因による反応時間の遅れやノイズの混入を最小にとどめる工夫が重要である。よって実験方法の改良と、確実なデータ分析法の開発をこれからの課題とすべきところである。

ヒトにおける視覚と聴覚の連合に関する研究はいまだほとんど手がつけられていない。

視・聴覚相互作用電位のあることは、この両感覚が共同的に働いていることを意味するが、これが総合感覚としてどのような意義をもつかは将来の研究課題である。今後、重複障害例、あるいは単独障害例において視・聴覚相互作用電位がいかなる変化を示すかを検討する必要がある。また、本研究は視・聴覚の重複障害児に対する訓練法開発の基礎的な研究として意義をもちうるものである。

結 語

ヒトにおける視覚と聴覚の相互作用は、潜時約40msec.付近に陽性の誘発電位としてとらえることができた。この発現率は75%であるが、その出現する位置の解明については推測にとどまり、これからの実験法、分析法の改良が必要と考えられた。本研究は視覚と聴覚の総合感覚としての意義を考える基礎的研究である。

文 献

- 1) Meredith M A, Nemitz J W & Stein B E (1987) Determinants of multisensory integration in superior colliculus neurons. 1. Temporal factors. *J Neurosci* **7**, 3215—3229.
- 2) Molotchnikoff S, Sicard E & Lachapelle P (1987) Modulations of collicular visual responses by acoustic stimuli in rabbits. *Neurosci Res* **4**, 385—395.

- 3) 足立興一, 森恵美 (1977) Acoustic Synoptophore 試作—視能矯正にもっと音を—, 眼紀 **28**, 1268—1270.
- 4) 川島幸夫 (1984) 短潜時視覚誘発反応の研究 2. フーリエ分析と動的脳電位図法の応用, 日眼会誌 **88**, 909—916.
- 5) 川島幸夫 (1986) 視覚伝導路の電気現象, 日本視能訓練士協会誌 **14**, 20—29.
- 6) 筒井 純, 川島幸夫, 大西 徹 (1986) 視機能に関連する脳幹電位の動的脳電位図法による研究, 日眼会誌 **90**, 1462—1473.
- 7) 川島幸夫, 筒井 純 (1987) 短潜時視覚誘発反応 (SVEP) の臨床的実用化に関する研究, 日眼会誌 **91**, 194—199.
- 8) 筒井 純 (1988) 短潜時視覚誘発電位, 神経進歩 **32**, 58—66.
- 9) Druga R & Syka J (1984) Projections from auditory structures to the superior colliculus in the rat, Neurosci Lett **45**, 247—252.
- 10) 本川弘一 (1968) 大脳生理学, 中山書店, pp 225—227.