

線画の表情が視線手がかりによる注意に及ぼす影響

—事象関連電位を用いた検討—

徳永智子・宮谷真人

The effect of facial expressions on gaze-triggered attention: Evidence from event-related brain potentials

Satoko Tokunaga and Makoto Miyatani

他者の視線方向へ注意が捕捉される現象に、表情が影響することが明らかになっている。しかし、その具体的なメカニズムはわかっていない。本研究では、表情による視線注意効果の違いがどの処理段階で生じているのかについて、事象関連電位を用いて検討した。空間的手がかりパラダイムにおいて、手がかりに線画の顔を用いた。視線の方向を操作した快表情、不快表情の2種類の表情を画面中央に呈示し、その後顔の左右いずれかに出現するターゲットへ反応を求めた。14名の実験参加者について、視線の方向にターゲットが出現した場合とそうでない場合とで反応時間と事象関連電位を比較し、表情による注意効果の違いを調べた。反応時間では、視線手がかりによる注意効果はあったが、表情による違いはなかった。事象関連電位では、快表情で視線とは不一致の方向へターゲットが出現した場合に、他の条件と比べて前頭優位の後期陽性成分の振幅が大きかった。この成分は実験参加者の期待から逸脱した刺激に対して出現するP300様成分であると考えられることから、実験参加者にとって不快表情よりも快表情の視線によって強い期待が生じている可能性が示唆された。

キーワード：視線による注意、表情、事象関連電位(ERP)

目的

他者の見ている方向に注意を向ける機能を共同注意という。この働きは、日常生活において不可欠なものである。他者の見ているものは、自分にとっても重要である可能性が高く、効率的な情報処理には有益であると考えられるためである。

このような働きの中でも特に、見ている側が視線を移動することなく、他者の向いた方向へと注意を自動的に移動させることについて、空間的手がかり課題を用いた実験心理学的検討が行われている。(Driver, Davis, Ricciardelli, Kidd, Maxwell, & Baron-Cohen, 1999; Friesen & Kingstone, 1998; Langton & Bruce, 1999; レビューとして Frischen, Bayliss, & Tipper, 2007; Langton, Watt, & Bruce, 2000)。

この課題において、視線の方向と一致した場所にターゲットが出現した場合(valid 試行)、視線とは反対の場所にターゲットが出現した場合(invalid 試行)よりも検出が速くなる。この効果は手がかり呈示後 105 ms という早い段階から現れ、不一致の場合に統制条件よりも反応が遅くなることもないことから、視線は反射的な注意を生じると考えられている。

一方で、社会的なコミュニケーション場面においては、視線方向の読み取りだけでなく、他者の表情も重要な要因である。脳画像イメージング研究の蓄積から構築された、顔認知の認知神経科学的モデルでは、視線と表情の処理にはいずれも上側頭溝が関与していることが示されている(Haxby, Hoffman, & Gobbini, 2000)。このことから、視線情報と表情情報の処理は、密接に結びついていると考えられる。吉川・佐藤 (2001)は、視線を用いた空間の手がかり課題において、驚き顔、怒り顔、喜び顔の人物の写真を用いた検討を行った。その結果、驚き表情では一致条件で反応時間の促進、怒り表情では不一致条件における反応時間の遅延が見られた。このことから、表情は視線による手がかり効果に影響を及ぼすことが示唆された。しかしながら、Hietanen & Leppanen (2003)は、写真、線画を使って、6 つの実験を実施し、表情と視線による注意効果の交互作用は見られないという結論を導いている。それに対して橋本・宇津木(2006)は、上記 2 つの研究では表情筋の統制がなされていない、SOA 条件の数が少ないなどの問題を指摘した。そして、SOA を 6 条件設定、かつ Friesen & Kingstone (1998)で用いられた顔線画の口の形状のみを操作した刺激を用い、表情が注意の効果へ及ぼす影響を再検討した。口の形状を操作した刺激は、評定によってそれぞれ快表情、不快表情、驚愕表情、中性表情とみなされた。各 SOA における手がかり一致効果の有無を検討したところ、100 ms と 200 ms では全表情で効果が見られた。また、50 ms では快表情以外の 3 表情で効果が見られ、300 ms では中性表情、不快表情のみで効果があった。これらの結果から、快表情は注意喚起が遅く始まり早く終わり、驚愕表情では早く注意を引き、その後すばやく脱注意を生じるといえる。さらに、不快表情と中性表情はそれらに比べて注意効果が長く持続していることから、脱注意が妨害されている可能性もある。

このような表情による注意の効果の違いは、どのようなしくみで生じているのだろうか。例えば、表情の種類によって視線による注意喚起メカニズムそのものが変わったり影響を受ける、もしくは、表情自体に注意が捕捉されるため、視線方向への注意シフトが遅れ、それによって注意喚起効果の現れ方が異なって見えるなどといった可能性が考えられる。そこで本研究では、表情が視線によって生じる注意のどういった過程に影響を与えているのかを、事象関連電位(ERP)を用いて調べることで、表情と視線の交互作用の原因について検討する。

注意研究において、ERP が盛んに用いられてきた(レビューとして河西・熊田, 2003)。これは、注意の効果、刺激呈示から反応までの情報処理過程のどの段階で生じる効果であるかを明らかにできたり、それが成分の出現によって推定されるような新たなプロセスの起動によるのか、ある成分の振幅の増減によって推定されるようなゲイン制御(知覚的処理を調節するゲートとして働くこと)であるのかといった点を明らかにできるためである。例えば、手がかり刺激に対する ERP 成分には、EDAN(early-directing attention negativity), ADAN(anterior-directing attention negativity), LDAP(late-directing attention positivity)があり、これらは注意の制御を反映していることがわかってい

る。こういった成分は主に、矢印などの中央呈示手がかりによって生じる自発的的定位に伴って生じるが、中央呈示でありながら、反射的定位と類似した特徴をもつ視線方向への注意に関して、同じような ERP 変化が生じるかどうかは興味深い点である。一方、ターゲットに対する ERP 成分には、注意による視覚処理の調節過程を反映する N1, P1 がある。視線手がかりによる注意効果について ERP を記録した研究は少ないが、N1, P1 の振幅増加および潜時の短縮が報告されている(Schuller & Rossion, 2001, 2004, 2005)。これらの成分に注目することで、表情が、視線手がかりによる注意の制御または注意による視覚処理の調節のこういった過程に影響しているのかを検討できる。

方法

実験参加者 視力または矯正視力が正常な成人 14 名(男性 6 名, 年齢 $M \pm SD = 24.4 \pm 3.2$ 歳)が実験に参加した。

実験計画 表情(快, 不快)×SOA(300 ms, 600 ms)×validity(valid, invalid)の 3 要因反復測定計画で行った。

刺激 手がかり刺激は、灰色の背景に黒い線で描かれた顔の絵であった。刺激は橋本・宇津木(2006)に基づいて作成した。顔の輪郭は画面の中央を中心とした直径視角 11.0°(観察距離 700 mm)の円で、中央に直径 0.4°の円で鼻を描き、これを凝視点とした。眼は画面の中心を通過する垂直線から左右に 1.6°, 水平線から 1.5°上方をそれぞれ中心として描かれた直径 1.6°の円で、瞳孔は直径 0.8°の黒く塗りつぶされた円であった。口は直径 3.3°の半円であった。快表情では、半円の中心が鼻の中心から下へ 1.6°の距離に来るように、不快表情では半円の中心が鼻の中心から下へ 3.3°の距離に来るようにした。各表情で、瞳が左を向いたもの、右を向いたものの 2 種類を用いた。いずれの瞳も、眼の内側の水平中央にあたる位置に置かれ、左右を向くように、それぞれ眼の左右の内側に接するように描かれた。

手続き 実験参加者はコンピュータ画面の前に座った。観察距離は 700 mm であった。課題は実験参加者が指定されたボタンを押すことで開始された。まず、コンピュータ画面中央に、視角 1.6°の十字が凝視点として 680 ms 間呈示された。続いて、画面中央に左右いずれかを示す視線手がかりが呈示された。手がかり呈示の 300 ms または 600 ms 後、手がかり刺激の中心から左右いずれかに 10°の距離に、視角 1.4°のアスタリスクがターゲットとして呈示された。課題は位置判断課題であり、参加者は、ターゲットが出現した位置をボタン押しで応えるよう教示された。参加者がボタンを押す、またはターゲット呈示から 2 700 ms 経過すると、手がかり刺激とターゲットが消失した。ターゲット呈示から 2 700 ms 反応がなかったり、反応を誤った場合には、フィードバックとしてエラー音が鳴った。ターゲット消失後 2 000 ms 後に次の試行を開始した。参加者は、凝視点から目を逸らさないようにすること、試行中はできるだけ瞬きを控えること、視線手がかりの向きはターゲットの出現位置とは無関係であることを教示された。

ブロック内で手がかり刺激の表情と SOA は一定であった。表情(2)×SOA(2)の 4 条件について、ランダムな順序で 3 ブロックずつ行った。1 つのブロック内で、validity(2)×ターゲットの出現位置

(2)の4条件をランダムに20回繰り返し、80試行を行った。練習を16試行を行った後、本試行を行った。ブロック間には適宜休憩をとった。

脳波の記録と分析 銀・塩化銀電極(Quik-Cap, NEUROSCAN)とデジタル脳波計(EEG-1100, 日本光電)を用いて、国際10-10法によるFp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T7, T8, P7, P8, Fz, Cz, Pzの19部位から脳波を記録した。左右耳朶、鼻尖、左眼窩外側および下側、右眼窩外側にも電極を置き、信号を記録した。電極間インピーダンスは5 k Ω 以下とし、サンプリング周波数は1000 Hzであった。帯域通過周波数0.08—30 Hzのデジタルフィルタで処理した後、鼻尖を基準とする電位を算出した。手がかり、ターゲットそれぞれの呈示前100 msから呈示後500 ms区間の脳波と筋電図を、刺激呈示前100 msをベースラインとして条件ごとに加算平均した。手がかりに対する波形については、視線の向きと表情の種類、SOAごとに加算平均した。ターゲットに対する波形については、validityと表情の種類、SOAごとに加算平均した。眼球運動などのアーチファクトが原因で、 ± 100 μ V以上の電位が混入した試行は加算平均処理から除外した。

結果

反応時間

反応を誤った試行と、各参加者の反応時間について、平均 $\pm 3SD$ の範囲を外れたデータを除外し、各条件の平均値、標準誤差を算出した(Figure 1)。表情 \times SOA \times validityの3要因分散分析を行った結果、validityの主効果が有意であり($F(1, 13) = 11.93, p < .01$)、valid条件の反応時間がinvalid条件よりも短かった。また、表情とSOAの交互作用が有意傾向であったが($F(1, 13) = 3.54, p < .10$)、SOAごとの表情の効果、表情ごとのSOAの効果はともに有意でなかった。表情とvalidityの交互作用は有意でなかった。Table 1には各条件の誤答率を示した。

ERP

瞬きなどにより加算回数を確保できなかった参加者3名を分析から除外し、11名分のデータを総加算平均した。手がかり刺激に対するERP波形では、後頭、後部側頭(O1, O2, P3, P4, P7, P8)において、手がかり呈示後200 ms付近を頂点とする陰性波が観察された。この陰性波はSOAが300 ms, 600 msいずれの条件でも見られた。しかし、この陰性波については表情の種類やvalidityなどの条件による違いはなかった。

ターゲットに対するERPにおいて、後部側頭の電極(P3/4, P7/8)で、ターゲット呈示後180—200 ms後付近を頂点とする陰性波が観察された。これは、N1であると考えられる。しかし、この成分には条件による違いは見られなかった。

また、正中線上(Fz, Pz, Oz)に300 ms付近を頂点とする陽性電位が観察された(Figure 2)。この電位は、特にSOA300 msの条件で、表情の種類やvalidity条件による違いがありそうであったので、Fz, Cz, Pzの3部位に関して、ターゲット呈示後200 msから400 msの区間平均電位を算出し、部位 \times 表情 \times validityの3要因分散分析を行った。その結果、部位 \times validityの交互作用が有意であっ

た($F(2, 20) = 7.80, p < .01$)。さらに、部位×表情×validityの交互作用が有意傾向であった($F(2, 20) = 3.30, p < .10$)。この交互作用の検定のため、部位ごとに表情×validityの2要因分散分析を行ったところ、Fzにおいてのみ、validityの効果($F(1, 10) = 6.24, p < .05$)と表情×validityの交互作用($F(1, 10) = 7.67, p < .05$)が有意であった。さらに、Fzについて、表情の種類ごとにvalidityに関する1要因分散分析を行い、単純主効果を検討したところ、快表情においてのみinvalid条件でvalid条件よりも振幅が大きかった($F(1, 10) = 15.99, p < .01$)。

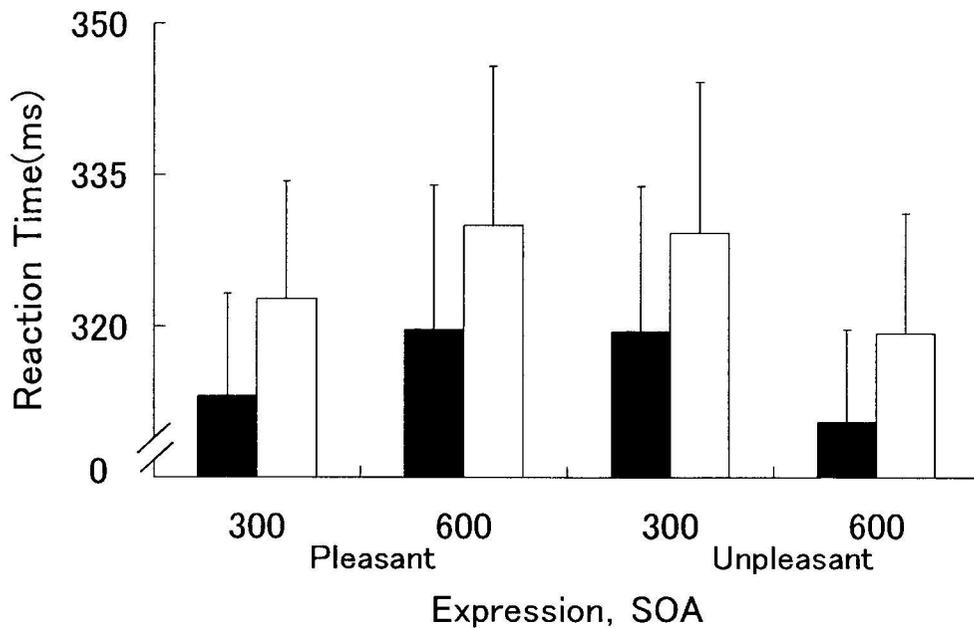


Figure 1. 各条件における反応時間の平均値(誤差線は標準誤差を示す)

Table 1. 各条件における誤答率(%)

SOA Validity		Expression	
		Pleasant	Unpleasant
300	Valid	0.1	0.4
	Invalid	0.3	0.5
600	Valid	0.1	0.3
	Invalid	0.2	0.4

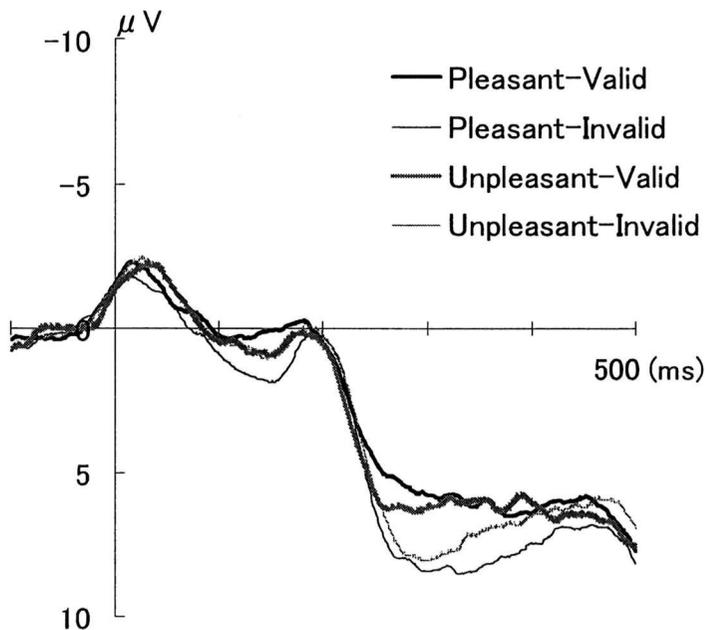


Figure 2. Fzにおけるターゲットに対する ERP 波形(SOA300 ms)

考察

本研究は、表情の種類が視線による注意効果にどのような影響を及ぼすのか、ERPを記録して検討した。先行研究では、表情の種類によって視線による注意効果が異なっていたが、本研究では、反応時間については表情の有意な影響が見られなかった。それに対して、ERPの結果では、表情の種類と validity の間に交互作用があった。

ERPの結果で見られた交互作用は、前頭優位の後期陽性成分の振幅が、快表情の invalid 条件で、valid 条件よりも有意に大きいことによるものであった。これは、実験参加者の期待による効果であると考えられる。P300の振幅は、ターゲットの生起確率を減らすと増加すると考えられており(Duncan-Johnson & Donchin, 1977)、空間的手がかり課題でも、validityを75%にした実験では invalid 条件で振幅が大きくなっている(Mangun & Hillyard, 1991)。つまり、P300は参加者の期待がはずれた際に振幅が増大すると考えられる。本実験では valid 条件と invalid 条件の試行数は同じであったが、視線手がかりを用いた他の実験でも invalid 条件で P300の振幅の増大が見られており、視線方向へは期待が生じやすくなっていると考えられる(Schuller & Rossion, 2001, 2005)。

本研究では、この P300 が快表情の invalid 条件で最大であった。このことから、快表情の視線に裏切られると、不快表情の視線の場合よりも期待からの逸脱が大きいということが考えられる。これはすなわち、快表情の人物の視線は、不快表情を呈した人物の視線よりも信頼できるものである

という想定が存在することを示唆する。また、本研究のような手続きにおいて、視線方向にターゲットが出現する割合を人物ごとに操作すると、後に人物に対する好意度を評定させた際に、視線方向とターゲット出現位置の一致率が高いほど好意度も大きいという報告もある(Bayliss & Tipper, 2006)。こういった研究結果は、視線が人物の評価や他者に対する信頼の形成などに関わってくる重要な社会的機能を持つことを示す。ただし、本研究で観察された成分はFzで最も振幅が大きいことから、一般的にPzで優位であるP300であるとは断言しがたい。P300が出現する潜時帯には他の緩やかな電位変化が重なっており(Ruchkin, Johnson, Mahagey, & Sutton, 1988)、本研究で見られた結果について、何を反映しているのかを同定するためには、さらなる研究が必要である。

反応時間や、後期陽性成分以外のERP成分で表情による手がかり効果の違いが観察できなかった原因として、個人特性の影響が考えられる。Mathews, Fox, Yiend, & Calder(2003)は、恐怖表情と中性表情を用いた実験において、特性不安得点の高い実験参加者群のみで、恐怖表情による視線注意効果への影響を確認している。さらに、Holmes, Richards, & Green(2006)や魚野・佐藤・道又・吉川・十一(2007)でもほぼ同様の結果が報告されている。このことから、表情による影響を受けやすい参加者とそうでない参加者がいると考えられ、本研究の参加者では、全体として表情による影響が出現しなかった可能性がある。一方、後期陽性成分で表情による視線手がかり効果の違いが見られたことについては、反応時間に反映されるよりも後の処理では、個人特性に関わらず、表情によるvalidity効果の違いが生じるためであるという解釈ができるが、この点についてはさらに検討が必要である。

また、反応時間ではvalidityの主効果、すなわち手がかり一致効果が生じていたにもかかわらず、従来の研究で見られたような、手がかり一致効果に応じたP1やN1の変化はなかった。通常、valid条件におけるP1、N1の振幅の増大は、注意によって知覚的処理が調節されるという、初期選択機構の働きを示していると考えられている(河西・熊田, 2003; Luck, Woodman, & Vogel, 2000)。このようなERPの注意効果は、主に持続的注意パラダイムを用いた実験で見られており、本研究で用いたような空間的手がかりパラダイムでは必ずしも観察されるものではない。これは、持続的注意パラダイムでは、実験参加者は片側の視野は完全に無視することができるのに対し、空間的手がかりパラダイムでは、invalid条件の場合にも反応しなければならないために、実際には注意を分割している状況であるからかもしれない(Eimer, 1994)。しかしながら、Schuller & Rossion(2001)では、視線を用いた空間的手がかりパラダイムで実験を行っているにもかかわらず、P1、N1に注意による振幅の違い、さらには潜時の違いが示されているため、このような研究間の結果の相違についてはさらなる検討が必要である。

引用文献

- Bayliss, A. P., & Tipper, S. P. (2006). Predictive gaze cues and personality judgements: Should eye trust you? *Psychological Science*, 17, 514-520.
- Driver, J., Davis, G., Ricciardelli, P., Kidd, P., Maxwell, E., & Baron-Cohen, S. (1999). Gaze perception

- triggers reflexive visuospatial orienting. *Visual Cognition*, **6**, 509-540.
- Duncan-Johnson, C. C., & Donchin, E. (1977). On quantifying surprise: The variation of event-related potentials with subjective probability. *Psychophysiology*, **14**, 456-467.
- Eimer, M. (1994). "Sensory gating" as a mechanism for visuospatial orienting: Electrophysiological evidence from trial-by-trial cuing experiments. *Perception & Psychophysics*, **55**, 667-675.
- Friesen, C. K., & Kingstone, A. (1998). The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by nonpredictive gaze. *Psychonomic Bulletin & Review*, **5**, 490-495.
- Frischen, A., Bayliss, A. P., & Tipper, S. P. (2007). Gaze cueing of attention: Visual attention, social cognition, and individual differences. *Psychological Bulletin*, **133**, 694-724.
- 橋本由里・宇津木成介 (2006). 顔線画の表情と視覚的注意の定位—口の形状が視線による手掛かり一致効果に及ぼす影響— 感情心理学研究, **13**, 13-21.
- Haxby, J. V., Hoffman, E. A., & Gobbini, M. I. (2000). The distributed human neural system for face perception. *Trends in Cognitive Sciences*, **4**, 223-233.
- Hietanen, J. K., & Leppanen, J. M. (2003). Does facial expression affect attention orienting by gaze direction cues? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **29**, 1228-1243.
- Holmes, A., Richards, A., & Green, S. (2006). Anxiety and sensitivity to gaze in emotional faces. *Brain and Cognition*, **60**, 282-294.
- 河西哲子・熊田孝恒 (2003). 視覚的選択の脳内機構—ERP データを中心に— 心理学評論, **46**, 371-390.
- Langton, S. R. H., & Bruce, V. (1999). Reflexive visual orienting in response to the social attention. *Visual Cognition*, **6**, 541-567.
- Langton, S. R. H., Watt, R. J., & Bruce, V. (2000). Do the eyes have it? Cue to the direction of social attention. *Trends in Cognitive Science*, **4**, 50-59.
- Luck, S. J., Woodman, G. F., & Vogel, E. K. (2000). Event-related potential studies of attention. *Trends in Cognitive Sciences*, **4**, 432-440.
- Mangun, G. R., & Hillyard, S. A. (1991). Modulations of sensory-evoked brain potentials indicate changes in perceptual processing during visual-spatial priming. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **17**, 1057-1074.
- Mathews, A., Fox, E., Yiend, J., & Calder, A. (2003). The face of fear: Effects of eye gaze and emotion on visual attention. *Visual Cognition*, **10**, 823-835.
- Ruchkin, D. S., Johnson, R. Jr., Mahaffey, D., & Sutton, S. (1988). Toward a functional categorization of slow waves. *Psychophysiology*, **25**, 339-353.
- Schuller, A. M., & Rossion, B. (2001). Spatial attention triggered by eye gaze increases and speeds up early visual activity. *Neuroreport*, **12**, 2381-2386.
- Schuller, A. M., & Rossion, B. (2004). Perception of static eye gaze direction facilitates subsequent early visual processing. *Clinical Neurophysiology*, **115**, 1161-1168.

Schuller, A. M., & Rossion, B. (2005). Spatial attention triggered by eye gaze enhances and speeds up visual processing in upper and lower visual fields beyond early striate visual processing. *Clinical Neurophysiology*, **116**, 2565-2576.

魚野翔太・佐藤弥・道又爾・吉川左紀子・十一元三 (2007). 状態不安と恐怖表情が視線による注意シフトに与える影響 信学技報, **106**, 37-42.

吉川左紀子・佐藤弥 (2001). 視線方向による注意シフトにおよぼす表情の影響 日本心理学会第65回大会論文集, 266.