

# 正方形の対角線の過小視について\*

浜口 恵治

(人文学部人文学科心理学研究室)

## On the Underestimation of the Diagonal of the Square

Keiji HAMAGUCHI

*Laboratory of Psychology, Faculty of Humanities and Economics*

**Abstract:** The diagonal of the square is underestimated. This underestimation was interpreted according to the hypothesis that the interior lines of the figure are underestimated. Various squares with a interior line that passes through the center of the square were constructed. The orientation of each line was varied in seven steps: 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°, 90° clockwise from the horizontal. The apparent lengths of these lines were estimated by eleven university students. The diagonal (45° interior line) of the square was underestimated, but all interior lines except the diagonal were not underestimated. The results did not support the hypothesis. The underestimation of the diagonal of the square was discussed in relation to the Müller-Lyer illusion.

Key words: illusion, Metzger's theory on geometrical illusion, good gestalt, grouping, Müller-Lyer illusion.

平行四辺形には、長短二本の対角線が描ける。長い方の対角線を長対角線と呼び、短い方の対角線を短対角線と呼ぶことにする。ところが、長対角線は過小視され、短対角線は過大視される (Rausch, 1952; 浜口, 1986b, 1987)。この現象を、Metzger (1953) は、よい形態の法則を用いて説明した。すなわち、平行四辺形はよい形態である長方形の歪んだ形態であるため、もとのよい形態である長方形に復帰させて知覚しようとする傾向が生じ、それにより長対角線は押し縮められて過小視され、逆に、短対角線は引き伸ばされて過大視されるというのである。以後、よい形態の法則によるこの現象の説明をメッツガー説と呼ぶことにする。

このメッツガー説を単純に延長すると、長方形は平行四辺形の一つの特別な形ではあるが、よい形態をしているので、その対角線は過小視も過大視もされないとの仮説を立てることができる。浜口 (1988) は、長方形を細長いものから正方形まで組織的に変化させ、この仮説の検討実験を行ったが、対角線は過小視されたものの統計的有意差に至らず、仮説を疑う根拠は得られなかった。しかし、統計的に有意に過小視されたとの実験結果 (浜口, 1986b) もある。これらの結果から、長方形の対角線は過小視されるのであるが、過小視量があまり大きくないので、統計的な誤差項であ

\* 本研究は、日本基礎心理学会第11回大会において発表された。

る測定の変動を凌駕することができないため、統計的有意差が得にくいのであろうと考えられる。

Coren & Girgus (1980) は、Fig. 1 のような幾つかの点で構成された正方形を描き、幾つかの点がまとまって一つの正方形を形成している場合の2点間( $T_1$ )の見掛けの距離は、正方形に接してはいるが、まとまりの外部にある2点間( $T_2$ )の見掛けの距離と比較して過小視されることを発見した。この実験は、統制条件として独立した2点間の見掛けの距離を測定していないので、 $T_1$ が統制条件より過小視されたとは言えないが、もし、そうであったと仮定すれば、いくつかの構成要素が一つの図形を形成する場合、各構成要素

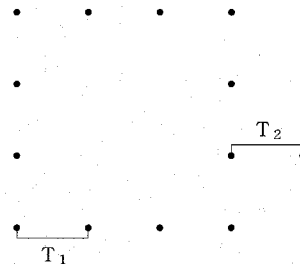


Fig. 1. Coren & Girgus (1980) の図形. 彼らは、幾つかの点がまとまって一つの正方形を形成している場合の2点間( $T_1$ )の見掛けの距離が、正方形に接してはいるが、まとまりの外部にある2点間( $T_2$ )の見掛けの距離と比較して過小視されることを発見した。実際の標準刺激図形には、 $T_1$ や $T_2$ 及び2点間を結ぶ線の記入はない。

素は相互に引き合って内部空間が凝縮されると考えることができないであろうか。この考えを線分で構成された長方形にも適用すると、各線分も相互に引き合って長方形の内部空間も凝縮されることになる。したがって、長方形の対角線が過小視されても不思議ではない。

このように、長方形の対角線は過小視されると考えざるをえない。しかし、これによりメツガー説を疑うのではなく、メツガー説以外に、もう一つの錯視の原因として、図形内部過小視を仮定すべきである。平行四辺形の長対角線の過小視は、図形内部過小視とメツガー説による過小視が加重し、短対角線の過大視は、図形内部過小視をメツガー説による過大視が凌駕したのであろう。

長方形の図形内部過小視を仮定すると、対角線以外の長方形の内部線分も、図形内部過小視の影響を受け、過小視されると考えることができる。本論では、長方形の一つの特別な形である正方形を用いて、その対角線以外にも、正方形の中心を通るいろいろな方向の内部線分の見掛けの長さをも測定するとともに、それら内部線分と同じ長さを持つ正方形の外部線分の見掛けの長さをも測定して、正方形の対角線の過小視が、図形内部過小視に原因するのかどうかを実験的に検討した。なお、長方形でなく、正方形を用いた理由は、正方形の対角線のほうが過小視量が多い(浜口, 1988)ので、明確な結果が期待できるからである。もし、図形内部過小視が原因で正方形の対角線の過小視が生じるのであれば、つぎの二つの仮説が採択されるであろう。

仮説1 正方形の中心を通るいろいろな方向の内部線分は、図形内部過小視の影響により、統制条件の線分と比較して、対角線と同様にすべて過小視される。

仮説2 正方形の中心を通るいろいろな方向の内部線分は、図形内部過小視の影響により、正方形に接する同じ方向と長さの外部線分と比較して、すべて過小視される。

この仮説の検証実験が以下に行われた。

## 方 法

被験者 大学生11名(男3・女8)が本実験に参加した。

刺激 標準刺激として Table 1 の条件欄や Fig. 3 のグラフの横軸に示されているような、一辺 6.0cm の正方形の中心を通る上下辺に平行な線分を、正方形の中心に関して時計回りに、 $0^\circ \cdot 15^\circ \cdot 30^\circ \cdot 45^\circ \cdot 60^\circ \cdot 75^\circ \cdot 90^\circ$  回転させた場合に、正方形によって切り取られる線分を内部線分を持つ図形 (I1・I2・I3・I4・I5・I6・I7) と I1~I4 の正方形のみを左へ 6 cm 移動させた外部線分を持つ図形 (R1・R2・R3・R4) と I4~I7 の正方形のみを上へ 6 cm 移動させた外部線分を持つ図形 (D4・D5・D6・D7) の 15 種の実験条件刺激と、これらの内部線分及び外部線分のみ (単一線分) からなる C1(6.00cm)・C2(6.21cm)・C3(6.93cm)・C4(8.49cm)・C5(6.93cm)・C6(6.21cm)・C7(6.00cm) の 7 種の統制条件刺激である。同じ番号を持つ条件は、測定されるべき線分の位置・方向・長さが刺激図形において同じであることを表している。また、I は内部線分を持つ図形の条件、R は正方形の右側に外部線分を持つ図形の条件、D は正方形の下部に外部線分を持つ図形の条件、C は統制条件を表している。なお、条件 I1~条件 I7 は、仮説 1 の検証のために設定され、条件 R1~条件 R4 と条件 D4~条件 D7 は、仮説 2 の検証のために設定されたものである。比較刺激は、標準刺激の線分の中心より 12.1cm 右の長さ 11.0cm の垂直単一線分である。

刺激図形は、NEC 製 PC-8801 に接続した渡辺測器 K.K. 製 XY プロッタ・WX-4636 によって描かれた原図を B 4 判 (25.7cm×36.5cm) のリコピー感光紙に青焼きしたものである。したがって、刺激図形は濃青の線で描かれている。これらの図形は、縦 22.0cm、横 34.0cm の枠で囲み、印刷により図形の位置がずれても枠に対して相対的にずれないようにされた。線の太さはすべて 0.5mm とされた (刺激図形の一例 (I1 条件) を Fig. 2 に示す)。

手続 被験者は次の教示が与えられた。「刺激図の右側の上下の ↓ 印 ↑ 印に ○ が付いているが、↓ の場合、標準刺激の線分の見掛けの長さより、比較刺激の直線の方が、明らかに長いように白紙を置き、それを次第に下方にずらせて、標準刺激の線分の見掛けの長さと等しく見えるように調節し、その位置を鉛筆で印を記せ。なお行き過ぎた場合は後戻りをして良い。↑ の場合、上記と反対に、標準刺激の線分の見掛けの長さより、比較刺激の直線のほうが、明らかに短いように白紙を置き、それを次第に上方にずらせて、標準刺激の線分の見掛けの長さと等しく見えるように調節し、その位置を鉛筆で印を記せ。なお行き過ぎた場合は後戻りしても良い。なお標準刺激の線分ばかりでなく、図形を全体的に見よ。」

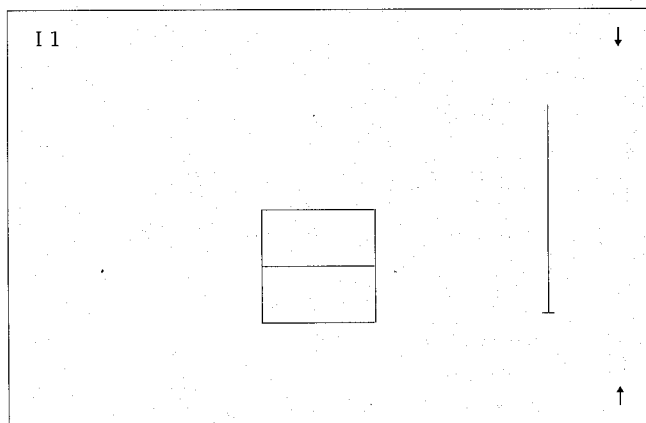


Fig.2. 刺激図形の一例 (条件 I1, 一辺 6.0cm) である。正方形の右側の垂直線 (11.0cm) は比較刺激である。右側の上下にある矢印のどちらかに (○) を記すことにより、測定系列を被験者に指示する。左上のアルファベットと数字は条件名を表している。

上記のように、被験者調整法 (上昇系列 2 回・下降系列 2 回) が用いられ、この 4 回の測定値の平均 (PSE) を各被験者の各条件の見掛けの長さとした。測定値は、比較刺激の下端より鉛筆の印までの距離を物差しで測定して得られた値 (0.1mm 単位) とした。比較刺激の長さの調節に用いられた白紙の大きさは、10cm×10cm であり、予め各被験者に配布された。測定は、一人の被験者に

対して88回〔22条件(実験条件15+統制条件7)×4ブロック〕行われた。88枚の刺激図形は、予め決められたランダムな順序に、被験者によって実験測定直前に並べられて冊子にされた。この作業により、測定前に、被験者はこの実験に用いられた刺激図形(22種)の全体を知ることになる。実験測定は、この冊子を用いて普通の明るい教室において集団で行われ、被験者のペースで刺激図形一枚ずつ上から順番に行われた。実験所要時間は約31分であった。

## 結 果

各条件における11名の被験者のPSEの平均を各条件の見掛けの長さ(実験条件の場合はPSEe, 統制条件の場合はPSEcと略す)とし、錯視量を百分率(I(%)と略す。I(%)=(PSEe-PSEc)÷PSEc)×100)で表し、これらPSEe・PSEc・I(%)をTable 1に示し、さらに、I(%)をFig. 3に表した。

Table 1 正方形の内部線分及び外部線分の見掛けの長さ(PSEe)と対応する統制条件の見掛けの長さ(PSEc)及びその錯視量(I(%))とt検定 (11人の平均・cm)・(錯視量(差)(I(%)))は四捨五入前の値で計算

内部線分	I 1	I 2	I 3	I 4	I 5	I 6	I 7	
PSEe	6.10	6.39	6.69	7.30	6.88	6.57	6.26	
統 制	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	
PSEc	5.72	5.94	6.67	8.34	6.99	6.48	6.17	
錯視量(差)	0.38	0.46	0.02	-1.04	-0.11	0.09	0.08	
(I(%))	6.66	7.67	0.31	-12.42	-1.57	1.39	1.37	
t 検 定	**	**		**				
	t=7.31	t=5.24	t=0.34	t=8.02	t=1.14	t=1.65	t=1.22	
外部線分	R 1	R 2	R 3	R 4	D 4	D 5	D 6	D 7
PSEe	6.14	6.27	6.80	8.21	8.14	7.07	6.53	6.17
統 制	C 1	C 2	C 3	C 4	C 4	C 5	C 6	C 7
PSEc	5.72	5.94	6.67	8.34	8.34	6.99	6.48	6.17
錯視量(差)	0.42	0.33	0.13	-0.12	-0.20	0.08	0.06	-0.01
(I(%))	7.31	5.59	1.98	-1.48	-2.36	1.17	0.91	-0.10
t 検 定	**	**	*		*			
	t=7.03	t=5.28	t=2.65	t=1.42	t=2.56	t=1.18	t=1.65	t=0.13

錯視量 I(%)=(PSEe-PSEc)÷PSEc)×100 \* p<0.05 \*\* p<0.01

Fig. 3により、仮説1の検討のために設定された条件I1~条件I7のI(%)のグラフを見ると、条件I4と条件I5だけが、それぞれ対応する統制条件と比較して過小視を示した(条件I4は有意(Table 1参照)のみで、他の条件はすべて過大視を示した(条件I1と条件I2は有意(Table 1参照))。このように、正方形の中心を通るいろいろな方向の内部線分は、図形内部過小視の影響により、統制条件の線分と比較して、対角線と同様にすべて過小視されるとの、仮説1に従った結果は得られなかった。

Table 1により、条件I1~条件I7のPSEeと、仮説2の検討のために設定された条件R1~条件R4と条件D4~条件D7のPSEeとを、それぞれ対応させて比較して見ると、条件I1・条件I3・

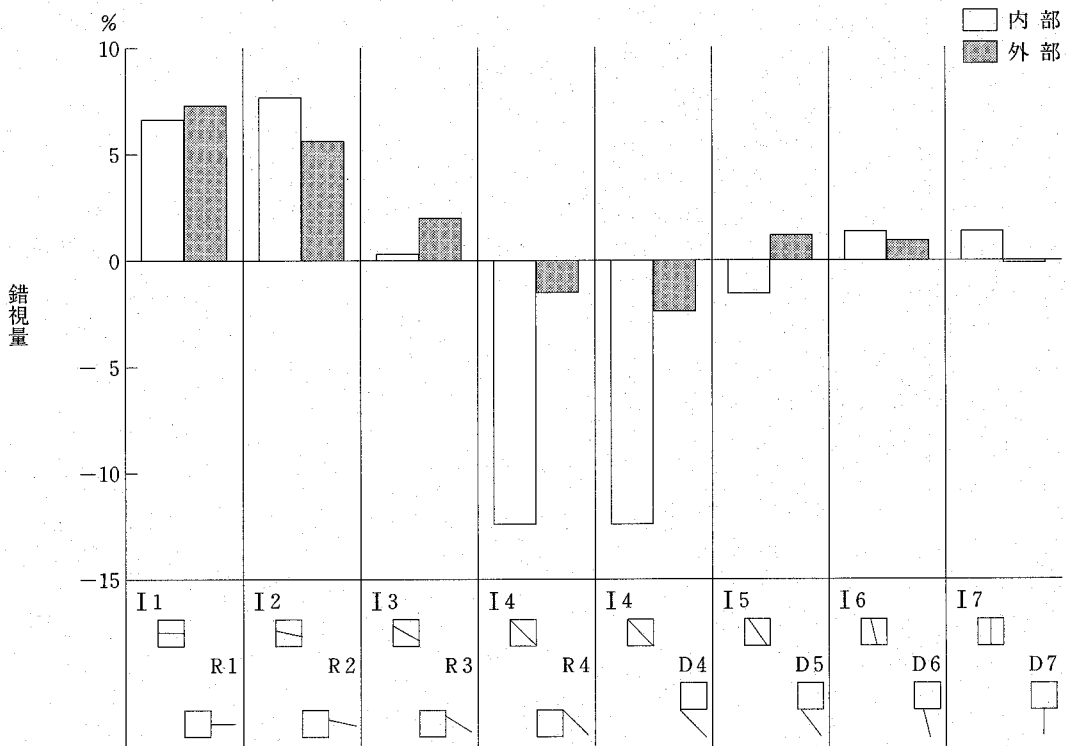


Fig. 3 横軸は三組の実験条件 (I1 ~ I7・R1 ~ R4・D4 ~ D7) を表す. 正方形の内部線分はすべて過小視されると仮定されたが, 条件 I1 ~ 条件 I7 における正方形の内部線分は条件 I4 (対角線) のみが統制条件に対して有意に過小視され, 条件 R1 ~ 条件 R4 と条件 D4 ~ 条件 D7 の外部線分に対して条件 I4 のみが有意に過小視されただけである.

条件 I4 が, それぞれ条件 R1・条件 R3・条件 R4 より過小視され, 条件 I4・条件 I5 もそれぞれ条件 D4・条件 D5 より過小視されている. しかし, 有意に過小視されているのは, 条件 I4 がそれぞれ条件 R4・条件 D4 に対してだけである (それぞれ  $t = 6.28$   $p < .01$ ;  $t = 6.30$   $p < .01$ ). このように, 正方形の中心を通るいろいろな方向の内部線分は, 図形内部過小視の影響により, 正方形に接する同じ方向と長さの外部線分と比較して, すべて過小視されるとの, 仮説 2 に従った結果は得られなかった.

### 考 察

浜口 (1988) の結果と同様に, 本実験においても正方形の対角線 (条件 I4) は過小視され, しかも有意に過小視された. そして, 序において仮定した図形内部過小視が正しければ, 仮説 1 に従った結果が得られたはずであるが, そうではなく, 仮説 1 は支持されなかった. したがって, 正方形の対角線の過小視は, 図形内部過小視によって引き起こされたのではないと結論でき, それは, 何か別の原因によって生じさせられたのであると考えられる.

Fig. 3 を見ると, 正方形の内部線分は, 辺と直交する場合 (条件 I1, 条件 I7) は過大視されているが, 条件 I2 → 条件 I3, 条件 I6 → 条件 I5 になるにつれて過大視が減少し, 対角線 (条件 I4) になると過小視されるようになる. この錯視の変移は, 内部線分と正方形の辺との交叉角の変

化及び交叉点から正方形の角までの辺の長さの変化が原因しているようである。これらの変化をミュラー・リヤー錯視図形と対応させると、内部線分の方向が $0^\circ$ (条件 I1) から時計回りに $45^\circ$ (条件 I4) になるにつれて、内部線分と辺とは、内向図形成分と外向図形成分とを形成し、内向図形成分の挟角はしだいにより鋭角になり、挟辺は長くなる。反対に、外向図形成分の挟角はしだいにより鈍角になり、挟辺は短くなる。より鋭角になるほど過小視は増大し、より鈍角になるほど過大視は増大し、挟辺が長くなるほど両錯視は増大する (Lewis, 1909; 浜口, 1986a)。したがって、 $45^\circ$  に近づくと、内向図形成分は、挟角がより鋭角になり、挟辺がより長くなるので、過小視が増大する。それに比べて外向図形成分は、挟角がより鈍角になっても挟辺が短くなるので過大視が増大できず、 $45^\circ$  付近では外向図形成分はほとんど無くなる。しかも、 $45^\circ$  では、内向図形成分だけになり、正方形のもう一つの辺が参加するので、内向図形成分は倍増することになる。条件 I4 での急激な過小視の生起は、この内向図形成分の急激な増大に原因するのであろう。内部線分の方向を $90^\circ$ (条件 I7) から反時計回りに $45^\circ$ (条件 I4) まで変化させた場合の I (%) の変化も、同様に考察される。

序において仮定した図形内部過小視が正しければ、仮説 2 に従った結果が得られたはずであるが、正方形のいろいろな内部線分のうち、対応する外部線分と比較して有意に過小視されたのは条件 I4(対角線) だけであり、仮説 2 は支持されなかった。したがって、正方形の対角線の過小視は、図形内部過小視によって引き起こされたのではないと、ここでも結論できる。

外部線分の場合、Fig. 3 により、条件 R1 → 条件 R2 → 条件 R3 → 条件 R4, そして条件 D7 → 条件 D6 → 条件 D5 → 条件 D4 と、これらの I (%) の変化を見ると、過小視量の大きさを除いて、対応する内部線分の場合と、よく似ている。したがって、外部線分の錯視の変移も、内部線分の錯視の変移の場合と同様の原因によると考えられる。条件 R4 と条件 D4 の過小視量が少ないのは、内向図形成分が内部線分の場合の半分であることと、条件 R4 では正方形の上辺が外向図形成分に、条件 D4 では正方形の左辺が外向図形成分を形成するようになるからであろう。

内部線分及び外部線分が、正方形の辺と  $0^\circ$  で直交する条件 I1 と条件 R1 において過大視が生じた。Fig. 1 を見ると、条件 R1 の外部線分は、幾つかの点がまとまって形成している正方形の外部の 2 点間の距離 ( $T_2$ ) に類似している。Coren & Girgus (1980) は、正方形を形成している 2 点間の距離 ( $T_1$ ) が、 $T_2$  に比較して過小視されたと報告しているが、逆に、 $T_2$  が  $T_1$  に比較して過大視されたとすることもできる。もし、彼らが統制条件として、 $T_1$  や  $T_2$  と物理的に等しい独立した 2 点間の見掛けの距離を測定していれば、 $T_1$  には錯視は生じず、 $T_2$  が過大視されることを発見していたかも知れない。そうすれば、本論の条件 R1 の結果と彼らの  $T_2$  の結果とは一致する。すると、条件 I1 の結果と彼らの  $T_1$  の結果とは不一致することになるが、 $T_1$  は正方形の一部であり、条件 I1 は正方形の一部でない内部線分であるので、両者の不一致は不思議ではない。条件 I1 のような内部線分の過大視は、浜口 (1992) も報告している。これらの結果に関して、これ以上詳しく考察することは非常に興味ある問題ではあるが、これらの結果が、本論の仮説が支持されなかったことに関係があるとは考えられないので、この問題に関しては別に研究の機会を設けたい。

メッツガー説を単純に延長した場合、長方形は歪んだ形態をしている平行四辺形の一つの特別な形ではあるが、よい形態をしているので、その対角線は過小視も過大視もされないとの仮説を立てることができる。しかし、仮説に反して長方形の対角線は過小視されると考えざるをえず、メッツガー説は疑われることになる。しかし、錯視の原因としてメッツガー説のみを考えた場合はそうであるが、メッツガー説以外に、もう一つの錯視の原因をプラスして考えれば、その原因のほうが強力なために長方形の対角線が過小視されると考えることができる。本論において、正方形を用いて、もう一つの錯視の原因として図形内部過小視を仮定し、この仮定の検討実験を行ったが、この仮定

は否定された。そして、この仮定に替えて、正方形の対角線が過小視されるのは、対角線と正方形の辺が内向図形成分を形成するのが原因であると考察された。この内向図形成分は、長方形においても考えられ、長方形の対角線の過小視もこの内向図形成分が原因であると考えられる。したがって、よい形態をしている長方形の対角線の過小視をもって、メッツガー説を疑うべきではない。平行四辺形の長対角線の過小視は、内向図形成分による過小視とメッツガー説による過小視が加重し、短対角線の過大視は、内向図形成分による過小視をメッツガー説による過大視が凌駕したのである。

### References

- Coren, S. & Girgus, J. S. 1980 Principles of perceptual organization and spatial distortion: The Gestalt illusions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 6, 404-412.
- 浜口恵治 1986a 主線と挟辺の間に gap のあるミュラー・リヤー錯視図に影響を及ぼす挟角及び挟辺の効果 高知大学学術研究報告, 35, 人文科学, 1-8.
- 浜口恵治 1986b ザンダー錯視の研究 高知大学学術研究報告, 35, 人文科学, 47-53.
- 浜口恵治 1987 平行四辺形の対角線の見掛けの長さ 高知大学学術研究報告, 36, 人文科学, 1-9.
- 浜口恵治 1988 長方形の対角線の見掛けの長さ 高知大学学術研究報告, 37, 人文科学, 27-33.
- 浜口恵治 1992 Metzgerの錯視理論に関する実験的研究(2) 長方形の長軸及び短軸の見掛けの長さを用いて 高知大学学術研究報告, 41, 人文科学, 39-45.
- Lewis, E. O. 1909 Confluxion and contrast effects in the Müller-Lyer illusion. *British Journal of Psychology*, 3, 21-41.
- メッツガー 盛永四郎(訳) 1968 視覚の法則 岩波書店 (Metzger, W 1953 *Gesetze des Sehens*. Frankfurt: Waldemar Kramer).
- Rausch, E. 1952 *Struktur und Metrik figural-optischer Wahrnehmung*. Frankfurt: Waldemar Kramer.

平成5年(1993)9月2日受理

平成5年(1993)12月27日発行

