

Groups perform better than the best individuals on Letters-to-Numbers problems

Patrick R. Laughlin, Bryan L. Bonner and Andrew G. Miner

Organizational Behavior and Human Decision Processes, (2002), 88, 605-620

1. Introduction

- 本研究の概要
 - ◇ グループのパフォーマンスが、個人のパフォーマンスを上回ることを示した
- どのような時に上回るのか
 - ◇ 正しい解を導くことができる (Shaw, 1932)
 - ◇ 他のメンバーから正しい解を特定できる (Lorge & Solomon, 1955)
 - ◇ ペア内のメンバーに情報を平等に提供しあうことができる (Hinsz et al 1997)
- 課題の性質に着目したレビュー
 - Laughlin(1980)による課題の分類
 - ◇ Intellect task : 正しい解が存在する
 1. 数学の課題
 2. 問題解決課題 (ex. ハノイの塔)
 3. ボキャブラリー課題
 - ◇ Judgmental tasks : 正しい解が存在しない
 1. 判断課題
 2. リスク判断
 3. ジレンマ課題
 - 両者の違い
 1. 概念的な合意の形成があるかどうか
 2. 情報の十分なやりとりがあるかどうか
 3. 誤った解を提示したときにそれが誤りであることを知ることができるかどうか
 4. 正しい解を持つものは、正しくないメンバーにそれを伝えることができる時間や動機、能力があるかどうか
 - Haste(1986)による課題の分類
 1. 問題解決
 2. ボキャブラリー, 語彙能力
 3. 判断課題
 - ◇ 1,2,3の順でパフォーマンスが良い
正しい解の表現の良し悪しに関係している

- Hill(1982)による課題の分類
 1. 問題解決課題
 2. 概念学習課題
 3. 語彙等の文字利用の課題
 - ◇ 解の明瞭性が良くなるとパフォーマンスが良くなる
- パフォーマンスの比較方法について
 - グループと特定の個人のパフォーマンスを比較した研究(Laughlin et al, 1991)
 - ◇ 実験1：帰納的規則発見課題
 - ✓ 最良の個人と、二番目の個人、三番目の個人、四番目の個人の平均
 - ✓ 結果：最良の個人の成績を下回る
 - ◇ 実験2：情報を追加する
 - ✓ 最良の個人と同じ成績
 - 情報量の多い規則発見課題ではよいパフォーマンスが得られる
- 被験者内実験による検討のレビュー
 - グループと、グループ内の最良、二番目、三番目、四番目の個人の比較
 - ◇ 最良の個人と同様の成績 (Laughlin&Ellis, 1986; Laughlin, Kerr, Much,&Haggarty1976; Stasson, Kameda, Parks, Zimmerman, &Davis,1991)
 - ✓ Eureka 課題：数学の課題
 - ◇ 二番目の個人と同様の成績 1 (Laughlin&Adamopoulos, 1980; Laughlin, Kerr, Davis,Half&Marciniak,1975)
 - ✓ 語彙, 類推課題
 - ◇ 二番目の個人と同様の成績 2 (Bottger & Yetton, 1988; Littlepage, Schmidt, Whisler, & Frost, 1995)
 - ✓ サバイバル課題
 - ◇ 平均よりもちょっとしかいい成績が残せない(Hastie,1986)
 - ✓ 決定, 判断課題
- まとめ
 - どのような時に個人のパフォーマンスを上回るのか？
 - ◇ 課題の解や回答の表現(表象)が良いとき
 - 最良の個人と同じ成績を得るには？
 - ◇ 数学的, 洞察的, 情報量の多い帰納推論課題
 - 二番目に成績のよいメンバーと同じになるときは？
 - ◇ 語彙, 類推等の課題
 - グループの平均, もしくは下回るときは？

◇ 数量に関する推定が乏しい課題のとき

- 実験の概要
 - 被験者
 - ◇ 82 グループ (4 人 1 組) と, 328 人の大学生
 - 課題
 - ◇ intellectual な課題
 - 特徴
 - ◇ 正しい解が存在する
 - ◇ 誤った解の推測
 - ◇ 十分な相互作用
 - 予測
 - ◇ 個人のベストを上回るのでは?

2. Letters-to-Numbers problems

- 課題の仕組み
 - 文字と整数の対応関係を推論する
 - ◇ A, B, C, D, E, F, G, H, I, J の文字が, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 のどれかの数字に対応付けられている
 - 最小のトライアルで対応関係を見つける事が目的
- トライアルの手順
 1. A~J の文字を用いて数式を作る ex. $A+D=?$
 2. 実験者から数式の答えのフィードバックを受ける ex. $A+D=B$
 3. 1 文字の対応付けを行う ex. $A=3$
 4. 実験者から 1 文字の対応付け正答の有無に関するフィードバックを受ける ex. True, $A=3$
 5. 全ての文字の対応付けを行う ex. $A=3, B=5, C=8, D=2, E=1, F=6, G=4, H=7, I=0, J=9$
 6. 実験者から全文字の対応付け正答の有無に関するフィードバックを受け, 正しければ終了し, 誤っていれば上記の手順を繰り返し行う

$$A = 3, B = 5, C = 8, D = 2, E = 1, F = 6, G = 4, H = 7,$$

$$I = 0, J = 9$$

Trial	Equation	Hypothesis	Feedback
1	$A + B = C$	$A = 1$	False
2	$B + C = EA$	$A = 8$	False
3	$F + A + D = EE$	$E = 1$	True
4	$H - J = -D$	$I = 0$	True

3. Predictions

3.1. Trials to solution

- 解に到達するまでのトライアルについて
 - 各トライアルでどのような回答方略が考えられるか
 - ◇ 文字の特定方法
 1. 実験者からのフィードバックによる ex. True, A is 3
 2. 計算による ex. If A is 3 AND B is 5 THEN $A+B=C$ identifies C as 8
 3. ロジックによる ex. If $F+G=EI$, E must be 1
 - 回答の方略が, 先行研究(Laughlin & Ellis, 1986)と同様の性質
 - ◇ high intellectual task としての特性を持つ
 1. 実験者によるフィードバックや先行知識(計算, ロジック)を用いて, 合意が形成されるまで話し合える
 2. 自分達が提示した仮説や, フィードバックによって十分な情報を作り出すことができる
 3. 誤った推論から正しい推論を導くことが可能である
 4. グループ内で, 他のメンバーに対して回答の内容について説明することが動機や能率, 時間的に可能である
- 予測
 - グループのほうが個人よりもより少ないトライアル数で解に到達できる

3.1 で取り上げる個人とは, best individual, second best individual, third best individual, fourth best individual の全体を指すものとする

3.2. Two-letter substitution strategy

- 回答方略
 - フィードバックによって1つがわかると, 任意の文字を用いて回答していく
 - 10 トライアル必要
- 予測
 - 個人の方がグループよりもより多くこの回答方略を用いる

$$A = 3, B = 5, C = 8, D = 2, E = 1, F = 6, G = 4, H = 7, \\ I = 0, J = 9$$

Trial	Equation	Hypothesis	Feedback
1	$A + J = ED$	$E = 1$	True
2	$E + E = D$	$D = 2$	True
3	$D + D = G$	$G = 4$	True
4	$E + D = A$	$A = 3$	True
5	$A + G = H$	$H = 7$	True
6	$D + H = J$	$J = 9$	True
7	$A + D = B$	$B = 5$	True
8	$A + A = F$	$F = 6$	True
9	$G + G = C$	$C = 8$	True

3.3. Letter per equation

- 回答方略
 - 複数の文字を使う場合は、そうでない場合よりも効果的である
 - トライアル1で $E = 1$, トライアル2で $D = 2$ が分かった場合
 $ED + DD = AG$ は、 $A = 3$ $G = 4$ ということ特定できる
 $EEE + EED + EDD + DDD = BFH$ は、 $B = 5$, $F = 6$, $H = 7$ ということ特定できる
- 予測
 - グループのほうが個人の場合よりもより多くこの回答方略を用いた数式を作る

3.4. Known answer equations

- 回答方略
 - 左の数式から右の答えを予測する方略
 - $1 \sim N$ の合計 : $N(N+1)/2$
 ◇ $9(10)/2 = 45$ なので、全てを足すと右の答えが特定できる
- 予測
 - グループのほうが個人の場合よりも多くこのタイプの数式を用いだろう

$A = 3, B = 5, C = 8, D = 2, E = 1, F = 6, G = 4, H = 7,$
 $I = 0, J = 9$

Trial	Equation	Hypothesis	Feedback
1	$A + B + C + D + E + F + G + H + I + J = GB$	$A = 7$	False
2	$A + C + D + E + F + H + I + J = AF$	$D = 3$	False
3	$C + D + E + H + I + J = DH$	$C = 0$	False
4	$C + E + I + J = EC$	$I = 9$	False

3.5. Letters identified per equation

- 特定された語数の算出
 - フィードバックや ,ロジック ,計算によって特定できる文字数(0~10)
 - 各トライアルで特定できた平均文字数/全トライアル数
- 予測
 - グループのほうが個人の場合よりも少ないトライアル数で多くの文字を特定できるだろう

3.6. Weighted letter identification

- 重み付け得点の算出
 - トライアルごとで特定できる文字に得点を付与
 - ◇ 1トライアルで特定した文字数 10点
 - ◇ 2トライアルで特定した文字数 9点
 - ◇ 3トライアルで特定した文字数 8点
 - ◇ 4トライアルで特定した文字数 7点
- 予測
 - グループのほうが個人の場合よりも高い重み付け得点を持つだろう

3.7. Summary of predictions

- 上記の点を総括
 - グループはより少ないトライアルで解にたどり着く : 3.1
 - グループはより少ない two-letter substitution strategies を用いる : 3.2
 - グループはより多く 1つの数式内で多くの文字を用いる : 3.3
 - グループはより多く Known answer equations を用いる : 3.4
 - グループでより高い文字特定率が得られる : 3.5
 - グループでは , より高い重み付け得点 が得られる : 3.6

4. Method

- 被験者
 - UIUC の学生 656 人が参加

- ◇ グループ (4人1組): 328人
- ◇ 個人: 328人
- ランダムに割り当てる
- 教示
 - 目的の教示
 - ◇ 「コードをできるだけ速く見つける事」
 - ◇ 「0~9の数字がA~Jのアルファベットのどれかにコーディングされている」
 - ◇ 「そこで、どのアルファベットがどの数字に対応付けられたかを見つかる」
 - ◇ 「以下がその例です」

A = 3, B = 5, C = 8, D = 2, E = 1, F = 6, G = 4, H = 7,
I = 0, J = 9

Trial	Equation	Hypothesis	Feedback
1	A + B = C	A = 1	False
2	B + C = EA	A = 8	False
3	F + A + D = EE	E = 1	True
4	H - J = -D	I = 0	True

- 課題の方法の教示
 - ◇ 「A~Jのアルファベットを用いた計算式を提示する」
 - ◇ 「実験者が計算式の答えを述べる」
 - ◇ 「次に文字が何を表すのかに関する仮説を立てる」
 - ◇ 「次にその仮説が正しいか、間違っているかに関するフィードバックを受ける」
 - ◇ 「次に全ての文字とアルファベットを対応付ける」
 - ◇ 「全て正しく対応付けができていれば正解とする」
 - ◇ 「以下に例を示す」
- 手続き
 - 解答用紙
 - ◇ 二枚の解答用紙を用意
各メンバー用
グループ全体用 (メンバー内の一人に渡される)
 - 解答手順
 1. 計算式 (e.x. A+D=?) を記入 (を記入してから に記入)
 2. 仮説 (e.x. A=7) を記入 (を記入してから に記入)
 3. 仮説のフィードバック(True, False)に基づきYもしくはNを記入 (に記入)
 4. 数字とアルファベットの対応付けたものを記入 (を記入してから に記入)

- 正解するには、正しい対応付けをしなければならない

5. Results

- 個人成績の分類
 - 各セット(82人)で、被験者の解への到達までに要したトライアル数でランク付けし分類(重なった場合は、数式の文字数などで判断)
 1. Best individual
 2. Second best individual
 3. Third best individual
 4. Fourth best individual
 - 各 Individual のトライアル数に関する分散分析
 - ◇ 主効果: $(F(3,243) = 310.15, p < 0.001)$
 - ◇ 多重比較 (Tukey): すべて, $p < 0.001$ で有意
パフォーマンスの段階で個人間に差が合った事を確認
- グループと個人(最良, 二番目, 三番目, 四番目)のばらつきをみる
 - 各従属変数に対して分散分析を実施
 1. 解への到達トライアル数
 2. 数式に含まれる文字数
 3. known answer 数式の数
 4. 文字特定率
 5. 重み付け得点
 - ◇ 主効果: $(F(20,1062) = 30.31, p < 0.001)$
個人間で、各従属変数において差があることを確認

5.1. Trials to solution

- 解までのトライアル数と、人のタイプに関する分散分析 (table1)
 - 主効果
 - ◇ 個人とグループ: $(F(4,324) = 227.33, p < 0.001)$
 - 多重比較
 - ◇ グループと best: $(t(1,162) = 1.84, p < 0.05)$
 - ◇ グループと second-best: $(t(1,162) = 8.77, p < 0.001)$
 - ◇ グループと third-best: $(t(1,162) = 16.95, p < 0.001)$
 - ◇ グループと fourth-best: $(t(1,162) = 25.50, p < 0.001)$

Table 1
Means and standard deviations for trials to solution, letters per equation, and proportion of known answer equations

Condition	Trials to solution		Letters per equation		Known answer equations	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Group	5.60	1.33	3.12	2.11	.08	.20
Best	5.90	1.11	2.25	.71	.02	.12
Second-best	7.05	1.29	2.10	.26	.00	.02
Third-best	8.40	1.49	2.10	.32	.00	.02
Fourth-best	9.82	1.34	2.08	.20	.00	.00

5.2. Two-letter substitution strategy

- 二文字方略に利用頻度 (ex. $A+B=?$, $A=B=?$)
 - グループ : 49%
 - best : 65%
 - second-best : 72%
 - third-best : 77%
 - fourth-best : 71%
- 頻度の差 (直接確率検定 : ウィルコクソンの順位検定)
 - グループと best : ($z = 2.05, p < 0.025$)
 - グループと second-best : ($z = 3.03, p < 0.001$)
 - グループと third-best : ($z = 3.72, p < 0.001$)
 - グループと fourth-best : ($z = 2.87, p < 0.001$)

5.3. Letter per equation

- 数式中の文字数に関する分散分析 (table 1)
 - 主効果
 - 個人とグループ : ($F(4,324) = 15.99, p < 0.001$)
 - 多重比較
 - ◇ グループと best : ($t(1,162) = 5.53, p < 0.001$)
 - ◇ グループと second-best : ($t(1,162) = 6.44, p < 0.001$)
 - ◇ グループと third-best : ($t(1,162) = 6.43, p < 0.001$)
 - ◇ グループと fourth-best : ($t(1,162) = 6.61, p < 0.001$)

5.4. Known answer equations

- Known answer equations を用いた割合 (このタイプ数式/全ての数式)(table 1)
 - 主効果
 - 個人とグループ : ($F(4,324) = 9.91, p < 0.001$)
 - 多重比較
 - ◇ グループと best : ($t(1,162) = 3.70, p < 0.001$)

- ◇ グループと second-best : (t(1,162) = 5.07, p < 0.001)
- ◇ グループと third-best : (t(1,162) = 5.08, p < 0.001)
- ◇ グループと fourth-best : (t(1,162) = 5.35, p < 0.001)

5.5. Letters identified per trial

- 特定された語数の算出 (table2)
 - 主効果
 - 個人とグループ : (F(4,324) = 24.84, p < 0.001)
 - 多重比較
 - ◇ グループと best : (t(1,162) = 2.71, p < 0.001)
 - ◇ グループと second-best : (t(1,162) = 4.63, p < 0.001)
 - ◇ グループと third-best : (t(1,162) = 6.20, p < 0.001)
 - ◇ グループと fourth-best : (t(1,162) = 9.33, p < 0.001)

Table 2
Means and standard deviations for letters identified per trial and weighted letter identification

Condition	Letters identified per trial		Weighted letter identification	
	Mean	SD	Mean	SD
Group	1.34	.61	9.71	5.04
Best	1.17	.45	8.25	3.58
Second-best	1.04	.38	6.49	2.72
Third-best	.94	.33	5.20	2.23
Fourth-best	.75	.35	3.62	1.82

5.6. Weighted letter identification

- 重み付け得点の算出 (table 2)
 - 主効果
 - 個人とグループ : (F(4,324) = 53.79, p < 0.001)
 - 多重比較
 - ◇ グループと best : (t(1,162) = 3.15, p < 0.001)
 - ◇ グループと second-best : (t(1,162) = 6.94, p < 0.001)
 - ◇ グループと third-best : (t(1,162) = 9.70, p < 0.001)
 - ◇ グループと fourth-best : (t(1,162) = 13.11, p < 0.001)

5.7. Correlations of response measures

- 従属変数の関係 (table 3)
 - 相関関係を分析するにあたって用いた評定値
 1. trials to solution
 2. letters per equation
 3. known answer equation
 4. letters identification
 5. weighted letter solution

- ◇ trials to solution と 4 つの測度に負の相関関係
より少ないトライアルを用いることによって 2~5 が促進される

Table 3
Correlations of performance measures

	Trials	Letters	Known	Identified
Letters per equation	-.32			
Known answer equations	-.30	.79		
Letters identified per trial	-.52	.48	.43	
Weighted letter identification	-.70	.55	.50	.91

6. Discussion

- 結果：グループのほうが最良の個人のパフォーマンスを上回る

1. より少ないトライアル
2. より少ない letters to solution strategy
3. 一つの数式に多くの文字を利用
4. より多くの known answer equations
5. 一つのトライアルに多くの文字を発見
6. より高い重み付け得点

- 理由：課題の特性

- ◇ intellectual problem

1. 正しい解が存在する
2. 誤った解から正しい解を特定できる
3. 一つの解から他の解を導くことが可能

6.1. Group versus individual problem solving and task demonstrability

- グループのパフォーマンスが個人のパフォーマンス平均を上回る時と課題の

- 特性

- ◇ intellectualive 課題であること

- 本課題は、Laughlin(1986)らの用いた課題の特性を包含している

1. メンバー間での概念に関する合意形成が存在する
2. 情動的に価値のある数式を作り出し、それをもとに正しい推論ができる
3. two-letter 以上の文字を利用することが重要であるということを他のメンバーから気づかされる
4. 誤った答えを持つメンバーに対して、有効な数式や正しい推論、コーディングに関して教示する余裕、時間、動機がある

- 先行研究と本研究の課題の違いを比較

- 先行研究：帰納的ルール発見課題

- ◇ intellectualive と judgmental の 2 つの側面を持つ

1. 妥当でない仮説は、証拠から導ける(intellectualive)
2. 妥当な仮説は、証拠を満たす他仮説も包含している可能性がある(judgmental)

- 本研究：letters to numbers 課題
 - ◇ アルゴリズム，ロジック，計算 etc などから提示した仮説が正しいかどうかを特定できる
 - ◇ より intellectual な側面を持っている
- グループのパフォーマンスが個人のパフォーマンス平均を上回る時の課題の特性
 1. 正しい解が存在する
 2. 誤った解を特定できる
 3. 情報伝達がメンバー間でよく行われる

6.2. Group process and productivity

- Stiner(1979)の理論とは
 - Actual Productivity = Potential Productivity - Process loss
 - ◇ Discretionary-problem solving tasks に基づく検討
 - グループの誰かが解に到達すると正解となるような課題
 - ✓ グループの最良のメンバーを Potential Productivity とみなす
 - ✓ 連携(coordination)，動機を process loss として想定
- Stiner(1979)の理論を用いて本研究の課題を検討
 - 最良のグループメンバー vs 最良の個人
 - 前者のパフォーマンスを上回り，Stiner(1979)とは逆説的な結果
- Stiner(1966)の課題の分類
 1. Compensation tasks
 - ✓ メンバー間でのインタラクションはない
 2. Complementary tasks
 - ✓ 課題をサブタスクに分け，分業に基づく相互作用Complementary tasks では，個人よりもパフォーマンスを上回るということを示すモデルを考案
- 本研究の課題は，Complementary tasks の特性を持っている
 - ◇ 他のメンバーの役割
 - ✓ 違う数式を提示できる
 - ✓ two-letter 方略とは違う数式を提示可能 etc.

6.3. Groups and the best individuals in organizations

- ここで得られた知見で現実場面を見たときにどうなっているのか？
 - 惑星天文学からの重要な知見 (Laughlin, Vogt, 2002)
 - ◇ 異なる分野の研究者による相互作用
 - 日常場面での分散されたエキスパート集団 (Hollenbeck et al. 1995)
 - ◇ みんな intellectual task を解いている
 1. 正しい解を導くことができ
 2. 誤った解を特定できる

3. ペア内のメンバーに情報を平等に提供しあうことができる
最良の個人よりもよりパフォーマンスを得ている