

発想法における直感的な分類作業に対して参加者の知識量のばらつきが 及ぼす影響の評価・分析法

杉浦 茂樹¹ 宗森 純² 木下 哲男¹ 白鳥 則郎¹

¹ 東北大学 電気通信研究所/情報科学研究科

² 大阪大学大学院 基礎工学研究科

IPL法 (Island formation using Pseudo Label : 疑似ラベルを用いた島作成) は各参加者の知識量のばらつきが分散環境における発想法の実施に及ぼす影響の客観的かつ定量的な評価・分析法であるが、対象を参加者が2人の場合に限定していた。本稿では、分散環境における発想法の一般的な性質を各参加者の知識量の偏りが及ぼす影響という観点から調べるために、IPL法を参加者が3人以上のより一般的な場合に適用できるように拡張を行った。さらに、分散協調型KJ法に適用することによってその有効性を示した。

An Evaluation and Analysis Method for Effects of Individual Quantity of Domain Knowledge on an Intuitive Classification in a New Idea Generation

Shigeki SUGIURA¹ Jun MUNEMORI² Tetsuo KINOSHITA¹ Norio SHIRATORI¹

¹ Research Institute of Electrical Communication/Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

² Graduate School of Engineering Science, Osaka University

IPL (Island formation using Pseudo Label) method is an evaluation and analysis method, which shows the effects of individual quantity of domain knowledge on an intuitive classification task in a new idea generation objectively and quantitatively. IPL method can be applied to the basic cooperative work with two participants, and can't be applied to the general cooperative work with three participants or more. We extend IPL method to be applied for more than two participants by constructing a knowledge model which describes the distribution of domain knowledge. This method is named E-IPL (Extended IPL) method. We reduce the number of parameters of knowledge model from 2^n to $2n$ by consideration of the characteristic of new idea generation. We confirm the efficiency of this E-IPL method by experiments applied to the distributed and cooperative KJ method.

1 はじめに

分散環境における発想法では発想法では個々人の知識量および能力の影響は無視できないことが経験的に知られているが、これまで十分な研究は行われていなかった。著者らは文献[1]において、参加者が2人の場合の最も基本的な収束的発想法を対象として各参加者の知識量のばらつきが及ぼす影響の客観的かつ定量的な評価・分析法であるIPL法(Island formation using Pseudo Label: 疑似ラベルを用いた島作成)を提案し、その有効性を示した。

協調作業の示す性質は一般的に参加者の人数によって変化するが、とりわけ2人の場合と3人以上の場合では性質が著しく変化する可能性があることが知られている[2]。本稿では、参加者が3人以上の場合のより一般的な収束的発想法に対して適用可能な評価・分析法である拡張IPL法を提案し、本手法を適用した実験を通してその有効性を示す。

2 拡張IPL法

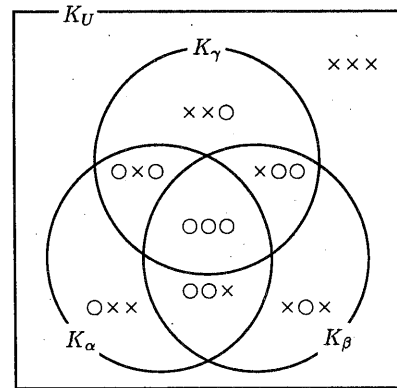
2.1 新しい知識分布状況モデルの提案

各参加者の知識量の影響を評価・分析するためには、参加者の知識の分布状況を示すモデル(知識分布状況モデル)が必要である。

参加者 n 人の知識分布状況モデルは単純に表現すると 2^n 個のパラメータを必要とし非常に複雑となる。例えば参加者3人の場合には、図1のように8つの領域に知識が分布するためにそれぞれの領域が全体に占める割合を示す8個のパラメータが必要となる。

本稿は、収束的発想法の性質に着目し、特徴的なパラメータのみを抽出することにより、 $2n$ 個という従来のモデルに比べて格段に少ないパラメータで表現される知識分布状況モデルを提案する。

ここで単純化のために、知識は互いに独立である要素(要素知識)の集合とする。また、各参加者の各要素知識に対する理解は理解している(O)または理解していない(X)の2値で表現する。



参加者を α, β, γ とし、各参加者が持つ知識をそれぞれ $K_\alpha, K_\beta, K_\gamma$ とする。単純には、知識の分布状況はOO, O, xOO, OxO, OOx, OxX, xOx, xxO, xxxの8つの領域のそれぞれの割合の組として表現できる。

図1: 参加者3人の場合の知識分布状況

2.2 質的な評価・分析

拡張IPL法では、従来のIPL法で用いられていた作業にかかる時間や作業中の会話数などを用いる量的な評価・分析[4]に、新たに作業の成果の質を用いる質的な評価・分析を加えて、ハイブリッドな評価・分析を行う。具体的には、作業時間に着目して量的な評価・分析を行い、分類作業の結果の誤りの数に着目して質的な評価・分析を行う。

2.3 分類作業の対象

従来のIPL法同様、拡張IPL法では直感的な分類を実現するため、次の2つの条件を満足する疑似ラベルを分類の対象として用いる。

- (a) 直感的な分類が可能。
- (b) 客観的な答え(分類結果)が存在。

これらの条件を満足するものとしては諺(ことわざ)や英単語などが挙げられる。本稿は代表例として諺を対象とし、拡張IPL法を用いて諺の意味による分類を行う。この分類作業は次の特徴をもつ。

- (a) 個々人の知識量の計測、調整が容易。
- (b) 議題による影響が除去できる。
- (c) 作業の質が直感的である。

2.4 知識分布状況モデル

本節では、参加者の知識の分布状況を示す知識分布状況モデルを構成する。

2.4.1 準備

収束的発想法の1回の分類作業（以下、**単位作業**と書く）で用いられる各ラベル（意見の要約）に關する知識（要素知識）の全体集合（以下、**全知識**と書く）を K_U と定義する。

なお、単純化のために、各参加者の各要素知識に対する理解は理解している（○）または理解していない（×）の2値で表現する。

2.4.2 収束的発想法の性質への着目

参加者を n 人とすると全知識は 2^n 個の領域に分割されるため（図1参照）単純に知識の分布状況を表現しようとするとその領域の割合を示す 2^n 個のパラメータが必要となる。

本稿は収束的発想法の性質に着目し、分類作業の特徴を示すパラメータのみで構成されるモデルを提案する。従来のIPL法による実験より**知識共有率**と**知識分散率**の2つが主要なパラメータとなることが明らかになっている[1]。ここで、知識共有率は知識が参加者の間でどれくらい共有されているかを示す量で、知識分散率は知識が参加者の間でどれくらい分散しているかを示す量である。

従来のIPL法では参加者が2人の場合の最も基本的な収束的発想法に対象を限定していたため、これら2つの量はそれぞれ単一のスカラーで表現された。しかし、拡張IPL法では3人以上の一般的な収束的発想法を対象とするため単一のスカラーでは十分にモデルを記述することはできない。

知識共有量と知識分散量を定義するために、まず、全知識を以下のような $(n+1)$ 個の部分知識 K_n^j ($j=0, 1, \dots, n$) に分割する。

K_n^j : 参加者 n 人のうち、 j 人だけが理解しており、残りの $(n-j)$ 人は理解していない要素知識の集合

なお、 K_n^j は 2^n 個の領域のうち C_n^j 個の領域の和集合となっている。知識共有率は $(n+1)$ 個の、そ

れぞれの部分知識 K_n^j の全知識 K_U に対する割合の組 (s_n, \dots, s_0) によって表現する。知識分散率は $(n-1)$ 個の、それぞれの部分知識 K_n^j に含まれる要素知識の領域内での分散状況を示す数値の組 (d_{n-1}, \dots, d_1) によって表現する。なお、 d_j は以下のような値を取るよう決定する。

0: 部分知識 K_n^j に含まれる C_n^j 個の領域にそれぞれ同数の要素知識が含まれる場合

1: どれか1つの領域のみにすべての要素知識が含まれ、残りのすべての領域には要素知識がまったく含まれない場合

ここで、部分知識 K_n^j に要素知識が1つも含まれない ($K_n^j = \phi$) 場合には、要素知識は分散していないため0とする。また、 d_n および d_0 はそれぞれの部分知識 K_n^n および K_n^0 に含まれる領域の数がともに1となるため考慮しない。

本稿はこのような値を満足する知識共有率 s_j と知識分散率 d_j を以下のように定義する。

$$s_j = \frac{\#(K_n^j)}{\#(K_U)} \quad (1)$$

$(0 \leq s_j \leq 1)$

$$d_j = \begin{cases} 0 & (K_n^j = \phi) \\ 1 - u_j & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (2)$$

$(0 \leq d_j \leq 1)$

ここで、 u_j は以下のように定義される。

$$u_j = \frac{1}{C_n^j} \sum_{k \in K_n^j} \left| \frac{\#(k) - \overline{\#(k)}}{\#(k) + \overline{\#(k)}} \right| \quad (3)$$

$(0 \leq u_j \leq 1)$

$$\overline{\#(k)} = \frac{1}{C_n^j - 1} \sum_{\substack{k' \in K_n^j \\ k' \neq k}} \#(k') \quad (4)$$

以上より、拡張IPL法での知識分布状況モデルは $2n$ 個のパラメータ $(s_n, \dots, s_0, d_{n-1}, \dots, d_1)$ によって表現する。

本モデルでは s_0 をパラメータとして導入しており、参加者以外が出したラベルが存在する状況、例えばデータベースによる支援がある状況に対しても拡張IPL法を適用することが可能となる。

2.5 拡張 IPL 法の手順

拡張 IPL 法の具体的な手順を以下に示す。本手順は従来の IPL 法の手順とほぼ同様である。

(a) 比較を行う分類作業のタイプの決定

実験により評価・分析を行う分類作業の種類（作業タイプ）を 2.4 のモデルに基づいて $2n$ 個のパラメータの組として決定する。

この作業タイプを X_1, \dots, X_ℓ とする。

(b) 疑似ラベル候補群の分類

疑似ラベルデータベースに用意されている疑似ラベル候補群を各参加者に対してわかる (○) とわからない (×) による疑似ラベルアンケートを行い、この結果から疑似ラベル候補群を各参加者の理解に応じた 2^n 個のグループに分類する。

(c) 作業初期状態の作成

前ステップ (b) で分類した疑似ラベル候補群を用いて、ステップ (a) で決定した各作業タイプに対応する作業初期状態を作成する。

(d) 練習

まず、疑似ラベルの分類作業に被験者が慣れるために、ステップ (c) で作成された練習用の作業初期状態を用いて練習を行う。

(e) 本番

次に、実際の評価実験として疑似ラベルの分類作業の本番を行う。本番は前半と後半の 2 つのフェーズに分けて行う。習熟の影響を除去するため、前半を $X_1 \rightarrow \dots \rightarrow X_\ell$ の順で行った場合には、後半は $X_\ell \rightarrow \dots \rightarrow X_1$ の順で行う。次の量を実験データとして収集する。

(a) 所要時間 (T)

(b) 会話数 (C)

また、各本番を終えた後、被験者に作業アンケートを記入させる。作業アンケートの内容は次の 2 つの項目の 5 段階評価である。

(c) 作業の困難さ (D)

(d) 作業の満足度 (S)

さらに、分類作業の結果から次の値を求める。

(e) 誤りの数 (E)

上記の実験データに基づいて、所要時間 T 、会話数 C 、作業の困難さ D 、作業の満足度 S 、誤

りの数の E それぞれの平均 \bar{T} , \bar{C} , \bar{D} , \bar{S} , \bar{E} を求める。作業の困難さに関しては +2 (常に困難) から -2 (非常に簡単) までに数値化して、作業の満足度に関しては +2 (非常に満足) から -2 (非常に不満) までに数値化してそれぞれの平均値を得る。

上記ステップ (b) ~ ステップ (e) を単位実験と呼ぶ。

(f) 被験者を変えての実験の繰り返し

被験者を変更して単位実験を繰り返す。このとき、同一の被験者に対して 2 回以上の単位実験を行わないようにする。

(g) 実験データの分析

各単位実験で得られた実験データ (\bar{T} , \bar{C} , \bar{D} , \bar{S} , E) から、作業タイプ別平均 $\bar{T}(X)$, $\bar{C}(X)$, $\bar{D}(X)$, $\bar{S}(X)$, $\bar{E}(X)$ および各作業タイプ間の統計検定量 $|t_{\bar{T}(X_1, X_2)}|$, $|t_{\bar{C}(X_1, X_2)}|$, $|t_{\bar{D}(X_1, X_2)}|$, $|t_{\bar{S}(X_1, X_2)}|$, $|t_{\bar{E}(X_1, X_2)}|$ を求める。この統計検定量を用いて t 検定を行い有意差を調べる。

(h) 評価

ステップ (g) で得られた結果に基づいて、島作成における知識の偏りの影響を所要時間に着目し評価する。

3 拡張 IPL 法に基づく実験

3.1 実験手順

本稿は、諺を疑似ラベルとして用い、拡張 IPL 法を実際に分散協調型 KJ 法に適用した。拡張 IPL 法に基づく本実験の手順を以下に示す。

(a) 比較を行う分類作業のタイプの決定

まず、被験者の人数を 3 人として、作業タイプとして図 2 の A ~ I のような特徴的な作業を選んだ。

(b) 疑似ラベル候補群の分類

諺を疑似ラベルとして用いる。実験で用いた諺データベースは諺数 560、諺群数 150、諺群の平均の大きさが 3.76 である。この諺候補に対してわかる (○) とわからない (×) による諺アンケートを行う。この結果に基づいて諺候補群を ○○○, ×○○, ○×○, ○○×, ××○, ○××, ×○×, ××× の 8 つのグループに分類する。

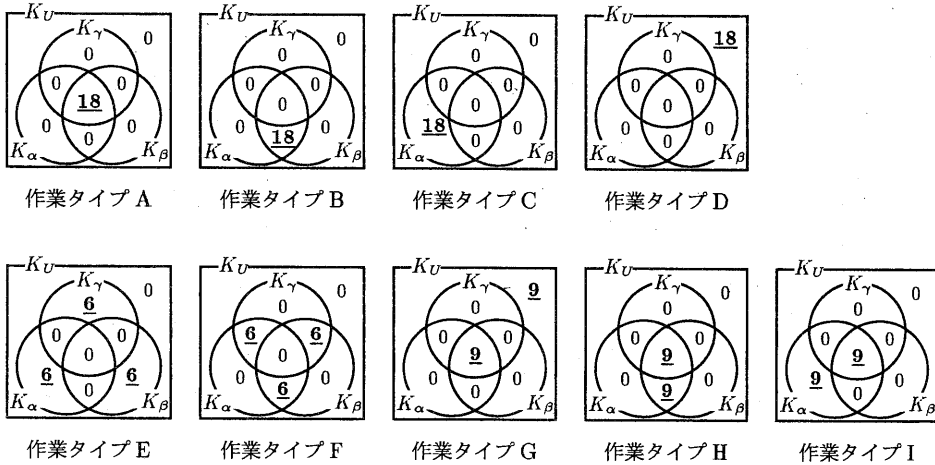


図 2: 作業の種類

(c) 作業初期状態の作成

本実験では単位実験で用いる諺数を 18 個¹, 諺群数を 9^2 とした。

また, 練習用に 3 つ, A ~ I それぞれに対して 2 つずつ, 合計 21 個の作業初期状態を作成した³。

3.2 実験システム

3.2.1 ハードウェア構成

4 台の Apple Macintosh (3 台実験用, 1 台モニター用) とそれを結ぶイーサネットからなる。

3.2.2 ソフトウェア構成

分散協調型 KJ 法の支援は郡元 [3] を用いる。郡元は, KJ 法を分散環境上で実現する発想支援システムで, 意見入力, 島作成, 文章作成, 雑談の 4 つの機能をもつ

¹これは, 実験を行う作業タイプに応じた初期状態を作成するためには諺数が 2 および 3 の倍数になっている必要があるためである。

²分散協調型 KJ 法での島の平均は 7。

³ただし, 諺アンケートの結果によっては作業初期状態が作成できない場合もあった。練習用に 3 つの初期状態を作成したのは作業タイプが多いために分類作業が 2 日間となったためである。分類作業 1 日目の本番前に作業内容を覚えさせるため 2 回の練習を行う以外, 分類作業 2 日目の本番前に作業内容を忘れていないか確認するため 1 回の練習を行う。

3.2.3 被験者間の会話

被験者間の会話の手段としては文字のみとした。

これは, 音声や画像などを用いると実験のパラメータが多くなり過ぎるという理由からである。

3.3 データの収集

分類作業毎に, 作業の所要時間, および会話の回数と文字数を郡元 [3] の履歴機能を利用して記録する。また, 被験者にアンケートを行うことによって, 作業の困難さ, 作業の満足感を調べる。

さらに, 分類結果から誤りの数をデータとして収集する。

3.4 被験者

被験者は大阪大学の学部学生および大学院学生で, 3 人 1 組で合計 2 組 6 人である。

4 実験結果と評価

4.1 実験結果

所要時間, 会話数, 困難さ, 満足度の作業タイプ別平均 $\bar{T}_{(X)}$, $\bar{C}_{(X)}$, $\bar{D}_{(X)}$, $\bar{S}_{(X)}$, $\bar{E}_{(X)}$ を表 1 に示す。

表 1: 実験結果

作業タイプ X	実験回数 (回) [†]	所要時間 (秒) $\bar{T}_{(X)}$	会話数 (回) $\bar{C}_{(X)}$	作業の困難さ $\bar{D}_{(X)}$	作業の満足度 $\bar{S}_{(X)}$	誤りの数 $\bar{E}_{(X)}$
A	4	443.8	26.5	-1.5	+0.9	0.5
B	3	457.0	27.3	-1.2	+1.0	0.3
C	3	821.0	35.3	+0.9	-0.6	1.3
D	2	941.0	46.0	+1.7	-0.3	2.0
E	2	904.5	55.0	+1.0	-0.5	2.5
F	2	646.0	40.5	-0.8	+0.7	1.0
G	4	1075.5	57.3	+1.0	-0.7	2.0
H	1	921.0	34.0	+1.0	-0.3	4.0
I	2	819.0	48.5	-0.8	+0.7	0.5

[†] 該アンケートの結果、作業初期状態の作成に必要な諺が得られず、実験が行えない場合があった。

4.2 従来の IPL 法の実験結果との比較

従来の IPL 法の実験結果 [1] と本実験結果は一致している。

さらに本実験結果より、従来の IPL 法の実験結果では十分に説明できなかった、参加者のうち 1 人のみがすべての知識を持っており残りの参加者がまったく知識を持たない場合と全員がすべての知識を持っている場合との差異の説明が可能となった。

参加者 2 人の場合には、1 人が知っている場合と全員が知っている場合はともに参加者の過半数以上が知識を持っている状態である。

参加者 3 人の場合には、1 人が知っている場合（作業タイプ C）は参加者の過半数未満しか知識を持っていない状態であり、2 人が知っている場合（作業タイプ B）および全員が知っている場合（作業タイプ A）の参加者の過半数以上が知識を持っている状態とは異なる。

参加者の過半数未満の参加者しか知識を持っていない場合には、残りの参加者を説得しなければ作業ができないために、説得のための会話数が増大し、その影響によって所要時間が増大すると考えられる。

5 むすび

本稿は、文献 [1] の評価・分析法 IPL 法をより一般的な収束的発想法に対して適用可能であるように

拡張し構成し直した拡張 IPL 法を提案した。実際、分散協調型 KJ 法に拡張 IPL 法を適用して実験を行うことにより、従来の IPL 法では十分に評価・分析が行えなかったより一般的な収束的発想法において、拡張 IPL 法が各参加者の知識量のばらつきが収束的発想法の直感的な分類作業に与える影響の客観的かつ定量的な評価・分析が可能であることが実証された。

参考文献

- [1] 杉浦茂樹, 宗森純, 木下哲男, 白鳥則郎: 分散協調型 KJ 法における直感的な分類作業に個人知識量及ばず影響の評価法 IPL 法の提案と適用, 情処学論, Vol. 39, No. 2, pp. 438-446 (1998).
- [2] 松下温, 岡田謙一, 勝山恒男, 西村孝, 山上俊彦編: 知的触発に向かう情報社会—グループウェア維新—, 共立出版 (1994).
- [3] 宗森純, 五郎丸秀樹, 長澤庸二: 発想支援グループウェアの実施に及ぼす分散環境の影響, 情処学論, Vol. 36, No. 6, pp. 1350-1357 (1995).
- [4] 三末和男, 杉山公造: 図的発想支援システム D-ABDUCTOR の操作性の評価, 情処学論, Vol. 37, no.1, pp. 133-143 (1996).
- [5] 杉浦茂樹, 宗森純, 白鳥則郎: 分散協調型 KJ 法における島作成にマルチメディアコミュニケーションが及ぼす影響, 情処学 GW 研報, Vol. 96, No. 69, pp. 25-30 (1996).