

コミュニケーションシステムの形成過程に見る知識共創の基盤 Basis of Knowledge Co-Creation in Formation of Communication Systems

金野武司¹⁾, 森田純哉¹⁾, 橋本敬¹⁾

KONNO Takeshi¹⁾, MORITA Junya¹⁾, HASHIMOTO Takashi¹⁾

1)北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科

1) Japan Advanced Institute of Science and Technology, School of Knowledge Science

【要約】知識共創の基礎には二者間のコミュニケーションがある。その中で人は、ことばが指し示す字義どおりの意味と共に言外の意味をやりとりするシステムを運用している。こういったシステムの形成過程を調べるため、我々は人工言語の共創実験を行なった。実験の結果、言外の意味をやりとりするシステムの成立には3つの段階（慣習的な行動の成立、字義どおりの意味の成立、言外の意味の成立）があることが明らかになった。我々は、この知見を知識創造のモデルである暗黙知と形式知の変換過程に対応付け、創造性の発揮が、言外の意味を取り決める過程において行なわれることの重要性を指摘する。

【キーワード】コミュニケーションシステム, 人工言語の共創実験, 暗黙知と形式知, SECI モデル

1. はじめに

知識を共に創り出す過程の基礎には、当然のことながら二者間のコミュニケーションがある。知識が人にとって価値のある情報（下嶋, 2008）であるとするなら、知識共創は人々の間で新しい価値を持った情報を生み出し、伝え合うことであると考えられる。その知識共創の過程で、コミュニケーションはどのような状態であることが望ましいのだろうか。

この問いに対して我々が注目するのは、人が互いの意図を推論し合うインタラクションスタイルを持っていることである（Tomasello, 2003）。人は、発せられたことばに対して、単にその字義どおりの意味を受け取るのではなく、そのことばの含意（言外の意味）を相手の意図に沿って自然に汲み取ることをする。このスタイルのインタラクションは、相手の意図を推論する過程で、誤解を含みつつもその意図の内容を変化させたり拡張したりする。この過程において人のコミュニケーションは、絶えず新しい意味（価値）を持った情報＝知識を創造する機会を生み出している。この意味で、知識共創の基盤として重要なのは、ことばが字義どおりの意味を伝えながらも、そこには表現として明示的に表われない意味が込められ、それが相手に伝えられるということであると考えられる。我々は、それがどのようなシステム（コミュニケーションを構成する要素と、それら要素間の相互作用の仕組み）によって成立しているのかを明らかにすることを目指している。

人のコミュニケーションは表情やジェスチャーなどの非言語的なメディアによって多くの情報を伝えている。そのため、自然なやりとりの中では表現に明示的に表われない意味を含めて、ことばの意味がどのように取り決められるのかを調べることは難しい。これを克服する1つの方法に、コミュニケーション手段を制約した状態で行なう人工言語の共創実験がある（Galantucci, 2005; Scott-Phillips and Kirby, 2010）。この方法は実験参加者二名を別々の部屋に配置し、あらかじめ意味も運用方法も決まっていないコミュニケーションメディアを別途用意する。その状況で特定のコミュニケーション課題を与える。こうすることで、測定が難しいコミュニケーションメディア（表情や視線、あるいは姿勢や相づちの打ち方など）の利用を制限すると共に、別途用意したメディアへの意味付けの過程を観察する。この実験枠組みの優れた点は、あらかじめ意味の決まっていないメディアにおいて、共通の課題を達成するためのコミュニケーションシステムが二者間で創発する過程を観察できることである。

先行研究では、その創発過程において観察される、記号に明示的に表われないような暗黙的な共通基盤の存在とその重要性が指摘されてきた。しかしその指摘は事例ベースの報告に留まるものであり、コミュニケーションシステムの形成過程に対する定量的な分析は行なわれてこなかった。これは、実験に用いるメディアや課題設定そのものが定量的な分析に適していなかったことに起因する。これに対して我々は、創出されるシステムとその形成過程に対してより定量的な分析を加えることができる実験をデザインし、分析を行ってきた（Konno, Morita and Hashimoto, 2012; 金野・森田・橋本, 2011）。この実験は知識創造を明示的に扱うものではない。しかし、コミュニケーションシステムの形成過程の分析が

ら明らかになってくるのは、その過程が知識共創そのものの過程を含んでいることである。本論ではその分析の最新の結果を報告すると共に、コミュニケーションシステムの形成過程が知識共創の過程そのものであるという立場から、分析結果の意味を議論する。

2. 課題

実験では二人がペアになり、会話などの通常のコミュニケーション手段が制限された状態で、別々の部屋からラップトップコンピューターを使って簡単な調整課題のゲームに取り組む(図1)。ゲームには2×2で構成される4つの部屋と二体のエージェントが存在する。4つの部屋の枠線は左上, 右上, 左下, 右下の順にそれぞれ青, 赤, 黄, 緑で色づけされている。プレイヤーは予め意味の決まっていない6つの図形から2つを組み合わせたメッセージを相手と交換しながら、自分のエージェントを動かして相手と同じ部屋に移動することを目指す。ゲームはラウンドの繰り返しによって構成され、1回のラウンドには4つのステップがある。

ステップ1: 二体のエージェントがランダムに異なる部屋に配置される。互いの配置は知らされない。

ステップ2: メッセージを1度だけ交換する。このメッセージは非同時に交換されるので、メッセージの先手・後手(ターンテイク)を調整することができる。

ステップ3: エージェントを留まらせるか、もしくは一度だけ移動させる。ただし斜めの部屋には移動できない。

ステップ4: それぞれの移動前後の部屋の位置と互いのメッセージが結果として表示される。数秒後、自動的にステップ1に戻る。

このゲームで参加者は、全ての履歴を画面上で確認できるようになっている。

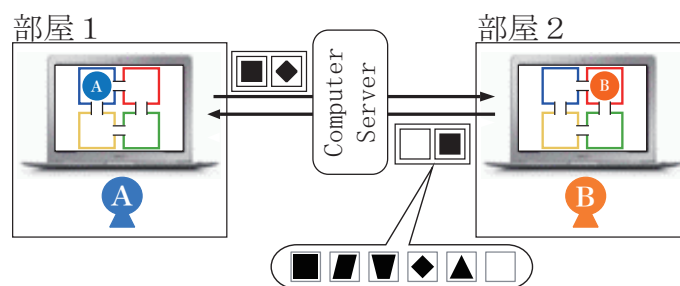


図1. 実験環境

このゲームの期待値は、部屋をランダムに移動すると $2/9 (= 0.22)$, 二人がある特定の部屋(例えば左上)に行くことを取り決めた場合に $1/2 (= 0.5)$, そして互いに行き先を記号で送り合った場合に $5/6 (= 0.83)$ となる。このゲームで期待値を1にする方法は2つある。1つは先手が現在位置を送り、後手が行き先を指示する方法である。もう1つは互いが現在位置を送り合い、その位置に応じて三番目の候補まで落ち合う場所を取り決める方法である。後者の方法は、記号に明示的に表われない暗黙的なルールの理解が多く必要になるために実現が難しい。ただし、前者の方法もメッセージが現在位置の意味で送られているのか、それとも行き先の意味で送られているのかが記号で明示的に表現されない場合がある。例えば、左上の部屋に \blacksquare を割り当てた場合、先手がそれを送れば「左上にいる」という意味になり、後手が送れば「左上に行く」という意味になる。このように、このゲームは記号が指し示す字義どおりの意味と共に、同じ記号が異なる意味を伝える仕組み(言外の意味)を取り決めることが重要である。

3. 方法

3.1 参加者

実験には21ペア、42人が参加した。参加者の年齢は22~37歳だった($M = 25.5, SD = 3.0$)。実験に参加したのは、いずれも北陸先端科学技術大学院大学の大学院生、研究員、および助教である。

3.2 実験手続き

実験は1回のトライアルセッションと3つのテストセッションで構成された。トライアルセッションで参加者はコミュニケーションシステムの作成に1時間取り組んだ。両者が同じ部屋に移動することで

2 点が加算され、そうでないときには 1 点が減点された。ただし得点はマイナスにはならない。この得点が 50 点に達すると、トライアルセッションは中断され次のテストセッションへと進んだ。

テストセッションでは、まずメッセージを交換しない条件でゲームが行なわれた。これを T_{NM} (Test with No Messaging) と呼ぶ。続いてメッセージが同時に交換される条件 (一方がメッセージを送っても、他方がメッセージを送るまでは相手のメッセージが表示されない条件) でゲームが行なわれ、最後にトライアルセッションと同じ条件 (メッセージを非同時に交換する条件) でゲームが行なわれた。2 番目のテストを T_{SM} (Test with Synchronous Messaging) , 3 番目のテストを T_{AM} (Test with Asynchronous Messaging) とそれぞれ呼ぶ。いずれのテストも 12 ラウンドを実施した。これは二体のエージェントの部屋の配置を全て組み合わせた数に相当する。

3 つのテストを実施した結果、もし T_{NM} と T_{SM} で移動する部屋の一致率に有意な差があれば、そのペアは記号を有効に使ったコミュニケーションシステムを形成できたことがわかる。また T_{SM} と T_{AM} の間に差があれば、それはターンテイクを有効に使ったコミュニケーションシステムを形成できたことを表わすことになる。3 つのテストをそれぞれ行なうことによって、参加者がトライアルセッション中にどのレベルのコミュニケーションシステムを形成できたのかを確かめる。

実験中は、参加者に自分の考えていることをことばで表わしてもらうよう指示をした。途中、一分以上発話がなくなった場合に、実験者からの声かけを行なった。また、参加者はテストセッションの後で、作成したコミュニケーションシステムについてのルールを自由記述で回答した。

4. 結果

4.1 トライアルセッションでの移動した部屋の一致率

トライアルセッションでは、21 ペア中 14 ペア (66.7%) が 1 時間以内に 50 点に到達した。図 2 は、トライアル終了 12 ラウンドにおけるペアごとの移動した部屋の一致率である。図中、縦線を引いた右側が 50 点に到達したペアであり、左側が到達しなかったペアである (ペア 6 と 7 の間)。水平に引かれた破線は、ゲームの性質を表わす期待値である。50 点に到達しなかったペアは、記号を使わずに実現できる期待値 (1/2) 程度にしかならず上がっていない。これらのペアは記号を有効に使ったコミュニケーションシステムの形成に失敗したとみなすことができるだろう。以降は、50 点に到達しなかったペアを失敗ペア、到達したペアを成功ペアとして分析を進める。

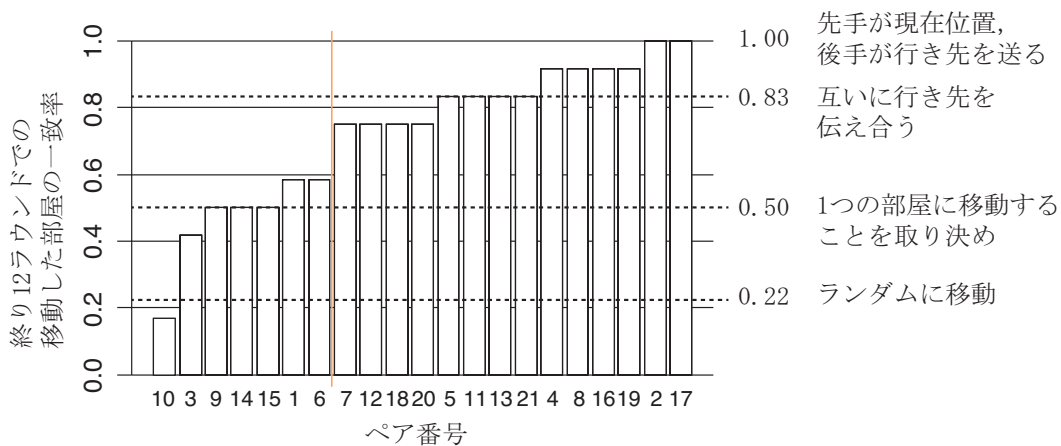


図 2. トライアルセッションのパフォーマンス

4.2 テストセッションでの移動した部屋の一致率

テストセッションで行なわれた 3 つのテストのパフォーマンス (移動した部屋の一致率) を比較して、参加者が最終的に構築したコミュニケーションシステムのレベルを確認する。図 3 は成功ペア群と失敗ペア群における 3 つのテストそれぞれのパフォーマンスの平均と標準誤差である⁽¹⁾。テストセッションのパフォーマンスの左側には、トライアルセッション終了 12 ラウンドでのパフォーマンスの平均を示した。これは図 2 に示したパフォーマンスを成功ペア群と失敗ペア群それぞれで平均したものに相当する。

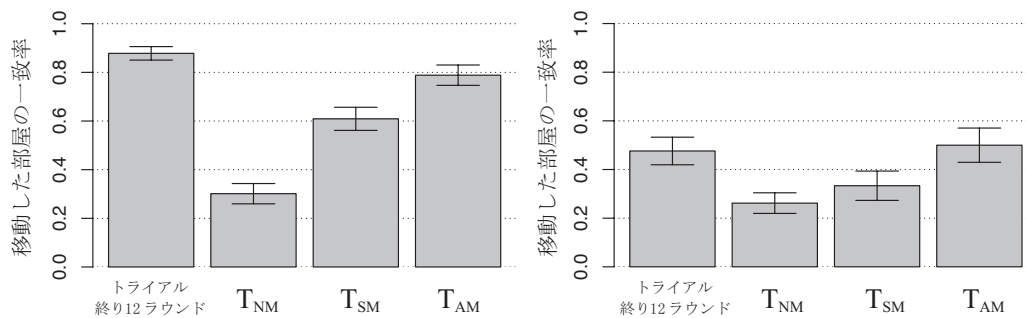


図 3. テストセッションでのパフォーマンス. 左が成功ペア群 (n = 13) , 右が失敗ペア群 (n = 7) .

トライアル終了 12 ラウンドのパフォーマンスは、成功群と失敗群で有意な差があった ($t(8.58) = 6.40, p < .001$) . 成功ペアでテスト間にパフォーマンスの差があるかを比較するための分散分析では有意な効果が確認された ($F(2,24) = 32.71, p < .01$) . Holm 法を用いた多重比較では隣接するテスト間に有意差があった ($p < .05$) . ここで、 T_{NM} と T_{SM} の有意差は、成功ペアが記号を有効に使ったシステムを形成したことを示唆する。 T_{SM} のパフォーマンスは、記号を使わずとも実現できる期待値のレベル (1/2) よりも有意に高くはなかった ($t(13) = 1.64, p = 0.126$) が、 T_{NM} のパフォーマンスがランダムに移動した場合の期待値とほぼ同じレベルにあることから、 T_{SM} では有効な記号システムが形成されたと考えられる。 また、 T_{SM} と T_{AM} の有意差は、成功ペアがターンテイクを有効に利用できるコミュニケーションシステムを形成したことを示している。

失敗ペアでも同様に分散分析を行なうと、テスト間の効果は有意であるものの ($F(2,12) = 6.04, p < .05$) , Holm 法による多重比較の結果は T_{NM} と T_{AM} の間に有意差が表われたただけであった ($p < .05$) . 失敗ペアのパフォーマンスは、ターンテイクが調整できる状態で記号を使えるようになっても (T_{AM} の条件下でも) , 結局のところ記号を使わずとも実現できる期待値のレベル (1/2) にしか達していなかった。

4.3 トライアルセッションでのパフォーマンスの推移

前節までに、成功ペア群のプレイヤーが、ターンテイクの調整を含めて有効な記号コミュニケーションシステムを形成できたことを確認した。そこで次は、トライアル中に参加者がどのようにパフォーマンスを推移させたかを確認する。図 4 は、5 ラウンドごとの移動した部屋の一貫率が、成功ペア群と失敗ペア群でどのように推移したかを表わしたグラフである。当然のことながら、ペアごとにかかったラウンド数は異なるので、図ではそれらを正規化した⁽²⁾。水平に引いた線は、正規化したラウンド数を 3 期間に等分した際の、それぞれの期間の平均と標準誤差である。

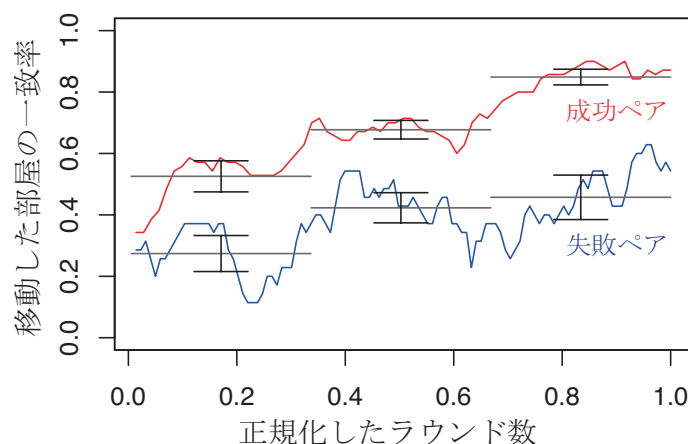


図 4. トライアルセッションでの部屋の一貫率の推移 (5 ラウンド)

成功ペアの推移を見ると、パフォーマンスが 3 つの段階で進展していく様子が見て取れる。3 つの期

間の差を比較するための分散分析では、有意な効果が確認された ($F(2,26) = 26.41, p < .01$)。Holm 法による多重比較では、隣接する期間に有意差があった ($p < .05$)。興味深いことに、成功ペアのトライアル中のパフォーマンスとテストセッションでのパフォーマンスを比較すると、中央の期間と T_{SM} 、および最後の期間と T_{AM} のパフォーマンスがほぼ同じレベルにある。 T_{SM} のパフォーマンスレベルはメッセージを交換することで達成されていることから、中央の期間では字義どおりの意味の取り決めが行なわれたのではないかと考えられる。また、 T_{SM} と T_{AM} の条件の違いは、メッセージが非同時に交換されることでターンテイクが調整できるかどうかにあった。このことから、最後の期間ではターンテイクを調整して、役割分担（先手のメッセージが現在位置の意味を担い、後手のメッセージが行き先の意味を担う）を実現するための言外の意味の取り決めが行なわれたのではないかと考えられる。

他方、失敗ペアの差を比較するための分散分析では、弱い効果が確認されたものの ($F(2,12) = 3.92, p < .05$)、Holm 法による多重比較では有意差がなかった。これは、失敗ペアがトライアル中に有効なコミュニケーションシステムを作れなかったことを示している。成功ペアとの比較で興味深いのは、どちらの群もゲーム初期のパフォーマンスは同じであるのに、成功ペアだけが急速にパフォーマンスを 0.5 程度まで上昇させることである。この初期段階での違いについては次節以降で検討する。

4.4 作成されたコミュニケーションシステムの事例とその特徴

参加者の成功・失敗を分けた要因を分析するため、まずは参加者がどのようなコミュニケーションシステムを作成したのかを確認する。この確認はテストセッション後に行なったアンケート調査での自由記述と、実験中の被験者の発話を基にした。

参加者の記号への意味の付け方には多くのバリエーションがあった。ゲームの中で頻繁に意味付けされたのは、移動前後の部屋の位置（もしくは色）と移動方向であった。例えば、4つの部屋にそれぞれ \blacksquare , \blacklozenge , \blacktriangle , \blacktriangledown を割り当てたり、同じ図形を二つ並べて、それを1つの部屋に割り当てたり（例、 \blacklozenge \blacklozenge は青い部屋など）、1つの移動方向に割り当てたりした。また、多くはなかったが、相手に任せるという意味で先手がブランクメッセージ (\square) を送るケースや、あなたに従うという意味で、後手が先手と同じメッセージを送り返すケースがあった。さらに、ある記号を用いて移動できないことを伝えるメッセージを成立させるケースも観察された。これらのケースは相手に意味が伝わっていたが、もちろん一方的に作成され共有されなかった意味もあった。例えば様子見をするためにブランクメッセージを送って移動しないという意味や、意味がないことを伝えようとでたらめなメッセージを送ったケースがあった。パートナーはメッセージに対して移動先や移動前の位置など、具体的な意味を見出そうとすることが多いので、こういったメッセージはたいてい伝わらなかったようである。

ゲームでは図形を二つ組み合わせることでメッセージを作成するため、参加者は上記の意味論的なルールに加えて統語論的なルールを作成した。複数のペアで確認されたのは主に2つのルールである。1つは移動前の部屋の位置を左側の図形に割り当て、移動後の部屋の位置を右側の図形に割り当てるというものである（ペア 2, 19）。このようなルールは「合成的」と言われる。すなわち合成的なルールは、図形に割り当てた意味とは別に、図形の配置場所によって別の意味（この場合は移動前後）を割り当てる。これに対して、二つの図形を組み合わせることで1つの意味を割り当てるといったルールは「全体的」と言われる。合成的なルールは、完成形だけを見れば情報を十全に備えた非常に分かりやすいルールに見える。しかし、参加者は最初から合成的なルールを解釈できるわけではなく、むしろ全体的なルールとして解釈しがちであった。その証拠に、失敗ペアのルール解釈では、一方が合成的なルールであるにも関わらず、他方は全体的なルールとして解釈し続けているケースがいくつかあった。合成的なルールの作成に成功したペアでは、はじめから合成的なルールにはせずに、ブランクを組み合わせる工夫によって段階的に合成的なルールを伝えていた。

もう1つのルールは、図形の配置を部屋の空間的な配置に対応させたルールである（ペア 4, 5, 7, 11, 12, 13, 16）。このルールで最も多かったのは、左側の図形が部屋の左側を、右側の図形が部屋の右側を意味し、上下を意味する図形を割り当てるといったものである（例、 \blacktriangle \square で左上にいる、 \blacktriangledown \square で左下にいるなど）。ただしこのルールにも例外があり、例えば \blacksquare \blacktriangle を「左側にいて上に行く」という意味で用いるケースがあった。このルールは、 \blacksquare が空間的にいる場所を示し、 \blacktriangle がそこからの移動方向を表わしている。もしパートナーが \blacktriangle の図形が置かれた場所（右側）に空間的な対応関係があると解釈してしまうと、まったく意味が逆になってしまう。こういった事例からは、互いのメッセージ作成および理解の傾向が揃っていることの重要性を読み取ることができる。また、一般的に \blacktriangle を上の意味で、 \blacktriangledown を下の意味

で用いる傾向があったが、この傾向にしても、それぞれは移動前や移動後の位置で異なっていたり、移動方向の意味で異なっている場合があった。この実験ではそういった暗黙的な認知傾向の不一致を調整していく必要があったと考えられる。

続いて失敗ペアの事例を確認してみる。失敗ペアの場合は大きく分けて、お互いにルールが理解できなかった場合と、一方が他方のルールを理解していたにもかかわらず失敗したという場合があった。作成するルールが互いに理解できなかったというケース（ペア1, 6, 10）での失敗は、一方の作ったルールの複雑さに起因していたと思われる。例えばペア1の一方のプレイヤーは、合成的なルールを作成して、左側の図形が移動前の部屋の位置を表わし（左上, 右上, 左下, 右下にそれぞれ■, ▒, ▓, ◆を割り当て）、右側の図形がそこからの移動方向を表わしていた（時計回りは▒, 半時計回りは■, 留まる場合に□）。このルールをパートナーは全体的なルールとして解釈しようとし続けたため、時間切れとなってしまう。複雑なルールを作ったプレイヤーは、使用できる図形の数の制限から、位置と方向で重複した図形を用いることになってしまったことがルールの難しさを生んだ原因と推測されるが、それ以外にも失敗してしまった要因がある。それは、このプレイヤーがゲームの最初からこのルールを完成形として作成し、途中でこれを変更しようとはしなかったことである。このプレイヤーは相手に自分のルールを部分的に教えていくことがなかったわけではなかったが、ルールの枠組みを変更することはなかった。

失敗事例として興味深いのは、一方が他方のルールを理解したにもかかわらず、成功しなかったケースである（ペア9, 18）。ペア9は、先手が送るメッセージ（□□を左上, ■□を右上, □■を左下, ■■を右下に割り当てた）を後手が現在位置として完全に理解したにもかかわらず、先手のルールとは独自のルールで行き先を指示し続けた。後手の発話の中には、自分が相手のルールを理解できたのだから、相手も自分のルールを理解してくれることを期待するものがあつた。また、別のケースになるが、途中で自分のルールを変えると相手に混乱を与えるかもしれないという判断が働くこともあつたようである。ただ、この判断も、ペア9のような事例では、自分の見積りほどに相手は自分のルールを理解しているわけではなかったことが伺える。このようなケースを実験中に観察していると、相手のルールをそっくり真似てしまう方が、メッセージの意味を理解してもらえないはずだという強い直感が働く。この模倣については、計算モデルを用いた再現実験においても、相手のメッセージを模倣する仕組みを持っている方が、認知実験の結果をよく再現することが確認されている(森田・金野・橋本, 2011)。

まとめると、ゲームの参加者は記号とその組み合わせに様々な意味付けを行ない、かつそのような状況下で互いの意味を共有してコミュニケーションシステムを作成できたペアとできなかったペアに分かれていたようである。記号への意味付けでは互いの認知傾向が一致していることが、意味の共有を円滑に進める要因になっていたようである。またいくつかの事例から示唆されるのは、複雑なルールを始めから完成形として作ると相手に理解されない可能性が高く、空間配置を利用したりしながら、単純なルールを相手の理解に合わせて段階的に作成していく方がうまくいっていたようである。

4.5 コミュニケーションシステムの形成を成功に導く行動傾向

作られたコミュニケーションシステムの特徴分析からは、互いの認知傾向が揃っていることの重要性が示唆された。我々はこういった認知傾向が暗黙的な行動傾向として表われており、それが課題のパフォーマンスを向上させているのではないかと考え、いくつかの定量的な分析を行なった (Konno, Morita, and Hashimoto, 2012)。我々が暗黙的な行動傾向として分析したのは、移動した部屋の偏りと、使用した記号の偏り、そしてメッセージ交換の時間差の3つである。移動した部屋は、それぞれのプレイヤーがラウンドごとに移動した部屋の分布をとり、その分布の一樣分布からの距離を測った⁽³⁾。これによってプレイヤーが部屋の移動をどれくらい偏らせていたかが分かる。さらに二人の偏りの相乗平均⁽⁴⁾をとり、それを1つのペアの移動した部屋の偏りとした。よってこの指標は二人が共に移動する部屋を偏らせていると大きな数値を持つようになる。使用した記号の偏りも同様の方法で数量化する。メッセージ交換の時間差は、先手と後手のメッセージ送信の時間差の絶対値をとり、全てのラウンドで平均したものを指標とした。この指標は、メッセージがスムーズに交換されていれば数値が小さくなり、一方が長考するようなことがあれば数値が大きくなる。上記分析の具体的な手法については先に挙げた論文を参照いただくとして、ここではそれらの指標がパフォーマンスとどのような相関を持っていたのかを説明する。

我々の予想は、移動する部屋や記号の偏りがあり、かつターンテイクがスムーズな方が課題のパフォーマンスは向上するというものである。3つの指標はトライアル中の行動データから計算し、それぞれの数値と3つのテスト課題のパフォーマンスとの相関を計算した。結果、移動した部屋の偏りについて

は、 T_{NM} と T_{SM} に有意な相関が確認され、 T_{AM} との間には確認されなかった($r = .62, p < .01; r = .44, p < .05; r = .31, n.s.$)。また使用した記号の偏りについては T_{SM} とは有意な相関が確認されたが、 T_{AM} とは確認されなかった($r = .48, p < .01; r = .29, n.s.$)⁽⁵⁾。メッセージ交換の時間差についても、 T_{SM} とは有意な相関が確認されたが、 T_{AM} とは確認されなかった($r = -0.60, p < .01; r = -.22, n.s.$)。上記結果をまとめると、それぞれの指標は T_{NM} および T_{SM} のパフォーマンスは説明するが、 T_{AM} のパフォーマンスは説明しなかった。この結果は、暗黙的な行動傾向がコミュニケーションシステムの3つの形成段階(図4)の1段目と2段目の形成には寄与するが、3段目の形成には寄与しなかったことを示唆している。成功ペアが開始後ただちに移動する部屋の一致率を0.5程度にまで上げることができているのは、暗黙的な行動傾向の調整によって、互いに上の部屋に行ったり特定の記号だけを使うようにしたりといった慣習的な行動を成立させることができたからではないかと考えられる。

暗黙的な行動傾向は、1段目の慣習的な行動の成立や、2段目の字義どおりの意味の成立に寄与していた。しかし、3つ目の段階である役割分担(先手のメッセージが現在位置の意味を担い、後手のメッセージが行き先の意味を担う)の成立には寄与していなかった。コミュニケーションシステムが段階的に成立するのであれば、2段目で決められる記号システムに、3段目を成立させる特徴があるのではないかと考えられる。そこで我々は、部屋と記号の対応関係の曖昧さに着目し、その間の同義語と同音異義語をカウントすることで、その曖昧さを指標化した(指標の詳細を付録に示す)。

トライアルセッションのパフォーマンスの推移と比較するため、この曖昧さの指標に関しても成功ペアと失敗ペアに分けて、その推移をグラフ化した(図5)⁽⁶⁾。ただし、この曖昧性の算出では12ラウンドごとの推移を計算した⁽⁷⁾。

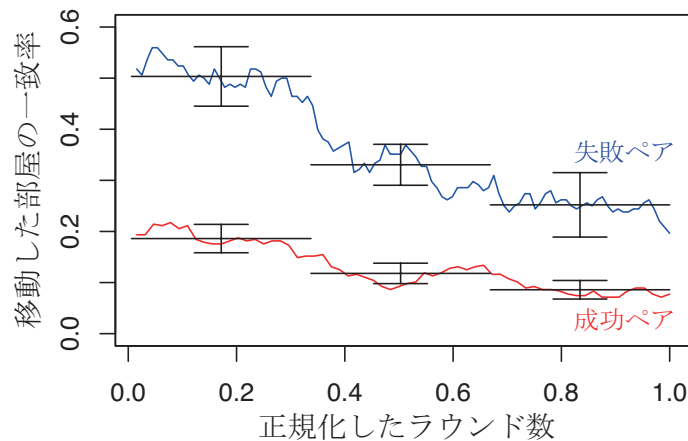


図5. トライアルセッションでの曖昧性指標の推移 (12ラウンド)

この図から、成功ペアと失敗ペアの曖昧性にはゲーム当初から大きな差があることが分かる。失敗ペアにおける3つの期間の差を比較するための分散分析では有意な効果が確認された($F(2,12) = 10.50, p < .01$)。Holm法による多重比較では、一番目と二番目の期間の間のみ有意差があった($p < .05$)。失敗ペアもゲーム中に曖昧さを下げていってはいるが、最後の期間の曖昧さの平均は成功ペアの最初の期間の曖昧さの平均に達していない。

一方、成功ペアの3つの期間の差を比較するための分散分析でも、有意な効果があった($F(2,24) = 13.45, p < .01$)。また、Holm法による多重比較では、一番目と二番目の期間の間のみ有意差が確認された($p < .05$)。我々の予想では二番目の期間に曖昧性のない部屋と記号の対応関係が作られることで、3段目に必要とされる役割分担の取り決めが成立するのではないかと考えたが、曖昧性はゲームの初期段階で十分に低いことが分かった。そこで、トライアル中の最初の12ラウンドの曖昧性と、テストセッションのパフォーマンスとの相関を計算すると、 T_{SM} 、 T_{AM} のそれぞれと有意な負の相関を持つことが確認された($r = -.69, p < .01; r = -.60, p < .01$)。この結果は、部屋と記号の対応関係をゲームの初期段階から曖昧性なく割り当てているペアが、システム形成の最終段階を成功させる傾向にあったことを示している。

5. 議論

実験の結果から、コミュニケーションシステムの形成過程には3つの段階があり、それぞれの段階は慣習的な行動の成立、字義どおりの意味の成立、言外の意味の成立によって構成されていたと考えられる。またその過程では、暗黙的な行動傾向が慣習的な行動と字義どおりの意味の成立に寄与し、曖昧性のない記号への意味付け傾向が、言外の意味の成立に寄与していた。

実験によって得られた知見は、知識共創の基盤としてどのような意味を持つだろうか。我々は、実験で作り出されたシステムを共創された知識として捉えることで、それらの知見を知識共創の過程そのものに対応付けることができると考えている。たとえば、組織的知識創造理論 (SECI モデル) (野中・竹内, 1996; 遠山, 2008) では、知識共創の過程を、暗黙知と形式知の変換のプロセスととらえる。この理論において組織的な知識創造は、他者との共通の体験を通じて暗黙知が共同化 (Socialization) され、その暗黙知は表出化 (Externalization) によって他者に伝達される。さらにその表出化された知識は連結化 (Combination) によって組織レベルの知識に変換され、その知識はまた個人的な体験を通じて、暗黙知として内面化 (Internalization) される。野中・竹内 (1996) は、知識創造はこの過程の循環によって展開されていくと説明する。

我々の実験で得た3段階のプロセスは、SECI モデルが示す暗黙知と形式知の変換プロセスと対応付けられるように見える。この対応を検討するために、ここでは具体的な知識創造のプロセスとして野中・竹内 (1996) によって詳述された松下電器産業 (現、パナソニック) でのホームベーカリー (自動パン焼き器) の新製品開発の事例を基に議論を進める。まずこの事例を (野中・竹内, 1996) に基づいてまとめる。ホームベーカリーの新製品開発は1985年にスタートし、11名のプロジェクトチームが編成された。このチームの目標はイージーリッチというコンセプトのもとでおいしいパンを自宅で簡単に作れる機械を開発することであった。この目標に対して最初に作成されたプロトタイプは、外は焼き過ぎで中は生焼けというまったくの失敗作だった。この失敗を克服するために行なわれた暗黙知と形式知のモード遷移は、まずソフトウェア担当者がプロのパン職人のもとへ行き、メモやマニュアルからではなく観察と模倣からパン作りの暗黙知を会得 (共同化) するところから始まった。しかし、会得された暗黙知は、直ちに形式知へと変換されなかった。なぜなら、会得した知識をハードウェア開発の技術者に伝えることが困難だったからである。ここで重要な役割を果たすのは、他の技術者たちが同じようにプロ職人のもとを訪れて共通の体験 (共同化) をしたことと、生地を練る動作の抽象的なイメージに「ひねり伸ばし」という言葉を用いた (表出化した) ことである。共同化に基づく表出化は、ハードウェア技術者の知識との連結化を生み、それは容器内部にうねを並べるといった創造的技術に結実した。こうして作られたプロトタイプが開発目標に沿うことを確認する過程で、形式知は個々人に暗黙知として内面化されていき、それはコスト削減という次の課題に対する新たなモード遷移の素地となっていく。

この一連の過程における暗黙知の共同化とイメージの表出化は、それぞれ、我々の実験において観察された慣習的な行動の成立と字義通りの意味の成立と対応付けられる。我々の実験では暗黙的な行動傾向として、移動する部屋や使用する記号を偏らせる傾向があり、それらの行動傾向がメッセージへの字義どおりの意味付けを成立させる傾向を持っていた。この知見から「ひねり伸ばし」ということばは、その理解の足掛かりとなるような暗黙的な行動傾向を伴って使用されたのではないかと考えられる。表出化を成功させる要因として、暗黙的な行動傾向の分析が有効なのではないだろうか。

また、「ひねり伸ばし」という表現が最初から完成された具体的な説明を持っていなかったことの効果も、我々の実験で形成されたシステムの定性的な分析の知見 (4.4 節) に照らすことで見えてくる。定性的な分析では、複雑な表現を用いない方がうまくいった可能性を示唆する事例や、始めから詳細な完成形を作成せずに徐々に記号を取り決めていく方が良かった可能性を示唆する事例が複数確認された。もし、具体的な説明が可能になるまで「ひねり伸ばし」という表現を使っていなかったとしたら、他のメンバーの持つ暗黙知の効果的な表出化とそれに続く連結化は起こらなかったのではないだろうか。

さらに、製品開発の事例の中には出て来ないが、表出化および連結化の過程では、相手の表現をそのまま真似ることの有効性が指摘できる。実験の定性的な分析では、相手の表現を理解しながらも、自分の表現を堅持することで失敗した事例があった。製品開発の過程においても、「ひねり伸ばし」という表現を他のメンバーが模倣することが重要だったのではないかと考えられる。

記号コミュニケーションシステムの形成過程に観察された3つの段階を、製品開発における表出化から連結化へのプロセスに対応付けてみる。すると、「ひねり伸ばし」の表出化がメンバーの持つ知識と

の連結化を経て、容器に付けられたうねという創造的な技術に結実した過程には、暗黙的な行動傾向にガイドされた慣習的な行動の成立過程があり、さらに字義どおりの意味の取り決めが行なわれた後で、その表現を使って言外の意味を取り決めた過程があったことが推測される。

この対応付けから得られる1つの重要な示唆は、その創造過程にあったのは、「ひねり伸ばし」という表現がさまざまな意味(多義性)を持つように解釈されることで創造性が発揮されたという過程ではなく、「ひねり伸ばし」が指し示す対象(字義どおりの意味)は明らかでありながら、文脈や状況によって様々に異なる意図を伝えることができるようになったことで創造性が発揮された過程なのではないかということである。「ひねり伸ばし」ということばは、プロジェクトのメンバーにとってはプロのパン職人が生地を練る方法を指し示しておりそこに曖昧性はなかった。その曖昧性のない表現をメンバーが共有することによって、異なる文脈で使われたときにそこに乗せられる様々な意図を共有することが可能になり、それによってメンバー間の知識の連結化が進められたのではないだろうか。以上の考察から我々は、目標に方向付けられた創造性は、1つのことばの意味を様々に解釈する過程からではなく、字義どおりの意味が曖昧性なく共有された上で行なわれる言外の意味の取り決めを通じて発揮されるのではないかと考える。

このように本研究で観察された実験は、統制された状況で行なわれたものであるのにも関わらず、現実の知識創造のプロセスと共通性を持っている。しかし、我々の実験では創造性の発揮に関して言及できることは少ない。形成されたコミュニケーションシステムを共創された知識と捉えたとき、その知識は二人の間だけでの新規性しか持ち得ていないからであり、知識変換の4つのモードが繰り返し起こる過程を観察できているのでもないからである。人工言語を共創する実験の枠組みの利点は、創造性を部分的に扱いつつながら、参加者の経験状況をコントロールしつつ定量的な分析を可能にするところにある。今後はこの利点を活かしながら、現実起こる知識共創を扱った実験を計画していくことが課題である。

6. 結論

人工言語の共創実験では、慣習的な行動の成立、字義どおりの意味の成立、そして言外の意味の成立という3つの段階が観察された。その形成過程の定性的な分析からは、パートナーと認知傾向が揃っていることの重要性や複雑なシステムを完成形として作成せずに、パートナーと段階的に意味を取り決めて行く方略の有効性が示唆された。また、定量的な分析からは、暗黙的な行動傾向が慣習的な行動の成立や字義どおりの意味の成立に貢献し、曖昧性なく字義どおりの意味を取り決める傾向が言外の意味の成立に貢献していたことが明らかになった。

形成されたシステムを共創された知識に位置づけて、得られた知見を知識創造の具体的な事例に加えられたSECIモデル(野中・竹内, 1996; 遠山, 2008)による分析と対応付けた。すると、暗黙的な行動傾向や、意味を相手と段階的に取り決めた方が良いといった方略は、いずれも暗黙知の表出化と、それに続く連結化を成功に導く要因に対応していた。また、曖昧さのない字義どおりの意味の取り決めによって言外の意味が成立するという知見は、創造性の発揮が、表現の多義的な解釈を通じて行なわれるというよりは、字義どおりの意味を曖昧性なく取り決めた後に実現される言外の意味のやりとりにおいて起こることの重要性を示唆していると考えられた。

付録

部屋と記号の対応関係の曖昧さの指標を以下の手順で作成した。まず、分析対象となるラウンド期間のデータに対して、移動前後の部屋と、左側、右側、左右を組み合わせた記号とのそれぞれの頻度分布を作成する。これによって6つの頻度分布が作成される(表Aは、移動前の部屋の位置と左側の記号の間の頻度分布の一例)。次に、作られた6つの頻度分布のそれぞれで、同義語と同音異義語(1つの部屋に対して複数の記号が使われる場合が同義語であり、同じ記号が複数の部屋に対して使われる場合が同音異義語である)を足し合わせ、その数を頻度総数(つまりはラウンド数)で割る(表の場合には10/12)。すると、あるラウンド期間における同義語と同音異義語の発生比率が得られる。得られる6つの比率のうち、その最小値は、プレイヤーの部屋に対する意味付け度合いを表わすことになる。最後に、それぞれのプレイヤーの最小値の平均を算出する。この数値を、そのペアの部屋と記号の対応関係の曖昧さの指標とした。

表 A. 移動前の部屋の位置とメッセージの左側で使われた記号の頻度分布の一例

| 移動前の位置 | 左側で使われた図形 | | | | | | |
|--------|-----------|---|---|---|---|---|-------|
| | □ | ■ | ▨ | ▩ | ◆ | ▲ | |
| 左上 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | } 回遊語 |
| 右上 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 左下 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 右下 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | Σ=10 |

同音異義語

注

- (1) テストセッションでのパフォーマンスの分析ではペア 5 を除外した。それはこのペアが最後のテスト (T_{AM}) において、一方のプレイヤーが一方的にトライアルセッションで作成したものは明らかに異なるルールを作りはじめたことで、著しくパフォーマンスを低下させたためである。
- (2) 正規化は、それぞれのペアの 5 ラウンドごとの一致率の移動平均を計算した後で、全てのペアのラウンド数を、最も多いラウンド数を持つペアに揃える方法で行なった。このとき、伸長によって欠損するデータは前ラウンドの数値とした。この後の期間ごとの分散分析も、ラウンド数を揃えた後のデータに対して実施した。正規化したグラフに見られた特徴は、もちろん全てのペアが同じ特徴を持っていることにはならない。しかし、全体の傾向としてどのような推移特徴があったかを確認することはできる。
- (3) 分布間の距離はカルバック・ライブラーダイバージェンスによって数量化した。
- (4) 相乗平均を用いたのは、二人が共に偏らせている度合いを測るためである。相加平均では、一方の偏りが少ないケースを相乗平均よりも高く見積る特徴がある。
- (5) T_{NM} ではメッセージを交換していないので、使用した記号の偏りとターンテイクのスムーズさの記述を除外した。しかし、それぞれには共に有意な相関がなかった ($r = .01, n.s.$; $r = -0.37, n.s.$)。
- (6) 部屋と記号の曖昧さの指標の計算ではペア 20 を除外した。これはペア 20 の一方のプレイヤーが、ある期間ずっと同じメッセージ (ブランク) を送ることで曖昧性が計算できない箇所が発生したためである。
- (7) 同義語と同音異義語を算出するには、パフォーマンスの推移を確認した際の 5 ラウンドでは少なすぎる。記号システムの特徴を測るには、二人の部屋の配置の全ての組み合わせの数に相当する 12 ラウンドが必要と考えた。

参考文献

Galantucci, B. (2005) An experimental study of the emergence of human communication systems. *Cognitive science*, 29(5), pp.737–767.

Konno, T., Morita, J., and Hashimoto, T. (2012) *Symbol communication systems integrate implicit information in coordination tasks*. In Y. Yamguchi (Eds.), *Advances in Cognitive Neurodynamics(III)*, 7 pages, Springer.

金野 武司, 森田 純哉, 橋本 敬 (2011) 「調整課題における記号コミュニケーションシステムの形成実験」, 電子情報通信学会技術研究報告 言語理解とコミュニケーション研究会(NLC2010-39), 110(400), pp.49–54.

森田 純哉, 金野 武司, 橋本 敬 (2011) 「コミュニケーション成立の観察実験に基づく認知モデルの設計」『日本認知科学会第 28 回大会論文集』, pp45–52.

野中 郁次郎, 竹内 弘高 (1996) 『知識創造企業』, 梅本勝博(訳), 東洋経済新報社.

Scott-Phillips, T. and Kirby, S. (2010) Language evolution in the laboratory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(9), pp.411–417.

下嶋 篤 (2008) 「情報と知識」, In 杉山公造, 永田晃也, 下嶋篤, 梅本勝博, 橋本敬 (編), 『ナレッジサイエンス 知を再編する 81 のキーワード』, 紀伊國屋書店, pp.92–95.

Tomasello, M. (2003) *Constructing a Language: A Usage-Based Theory of Language Acquisition*. Harvard University Press, Cambridge.

遠山 亮子 (2008) 「SECI モデル」, In 杉山公造, 永田晃也, 下嶋篤, 梅本勝博, 橋本敬 (編), 『ナレッジサイエンス 知を再編する 81 のキーワード』, 紀伊國屋書店, pp.26–29.

連絡先

住所: 〒923-1292 石川県能美市旭台 1-1 北陸先端科学技術大学院大学
 名前: 金野 武司
 E-mail: t-konno@jaist.ac.jp