

メーリングリストを利用した協調的問題解決

—小集団による問題解決過程の分析—

山崎晃男

大阪大学人間科学部

中山満子

大阪市立大学学術情報総合センター

本研究では、コンピュータネットワークを介した協調的問題解決の過程についての検討をおこなった。3人の被験者にメーリングリストを利用して相談しながら一週間の期限内に「ばね問題」を解決してもらい、その過程でやりとりされた電子メールを分析した。被験者達は、既存イメージの利用、極端化、類推などによって問題表象を形成、洗練させたり、関連する知識領域を特定することで問題空間を制約しようとするなど、様々な方略を用いて問題を解決しようとしていた。また、重要な提案がグループ内の複数の被験者からなされたり、協調活動を通じた問題理解の深化が生じたりという、協調的問題解決に特徴的な現象もみられた。

Collaborative problem solving using Mailing-list

-Analysis of problem solving processes in small groups

Teruo Yamasaki

Osaka University

Faculty of Human Sciences

Michiko Nakayama

Osaka City University

Media Center

In this study, we investigated the process of collaborative problem solving mediated by computer-network. Subjects were asked to solve "spring problem" collaboratively in a group using Mailing-list in a week. A group consisted of three subjects, and we analyzed e-mails of five groups. Various strategies were found in the processes of problem solving. Subjects formed and elaborated the representations of the given problem by applying known imagery about spring, modifying some attributes to extreme ones, or using analogies. Subjects also tried to restrict the problem space by specifying relevant knowledge domains. In addition, we found that important suggestions were made by some subjects in a group in parallel and they improved their understanding of the problem through their collaboration.

はじめに

我々は日常生活において様々な問題に直面する。その際、自分一人だけでそうした問題を解決することももちろん多いのであるが、複数の人間が協調して一つの問題を解くことも、特に仕事場面などでは、決して少なくない。また、協調して問題を解くといっても、最初に問題を

分割して各人に割り振った後は各々が一人でその下位問題を解決すればよいという参加者間の相互作用がほとんどない場合もあれば、会議のように参加者間の相互作用が決定的に重要な役割を果たす場合もある。こうした協調的問題解決については、社会心理学の研究領域で、特に集団意思決定の問題として、これまで盛んに研

究されてきている^{1) 2)}。それに対して、人間の問題解決の有り様を研究する問題解決研究の領域では、一部の例外^{3) 4)}を除けば、ほとんど個人による問題解決過程の研究に終始してきた。こうした個人による問題解決研究によって、問題表現や問題空間、方略、スキーマといった概念が、問題解決過程を説明するために有効であることが示されてきたのであるが、それでは、そうした概念は複数人による協調的問題解決に於いても、同様に有効な説明概念といえるのであろうか。また、それらが有効であるとすれば、協調的問題解決の過程はそれらを用いてどのように説明されるのであろうか。

ところで、近年のコンピュータネットワークの発達をうけて、例えば電子会議などのような、コンピュータネットワークを介した遠隔地間での協調的問題解決に対する社会的期待が高まっている。本研究はこうした状況を背景として、コンピュータネットワークを介した協調的問題解決がおこなわれるとき、そこでいかなる問題解決過程が生じているかについて、実験的手法を用いて検討することを目的としておこなわれた。

実験

方法 課題

問題は、図1に示すように、巻数も長さも同じで一方の半径が他方の2倍である2つのバネに同じ重さのおもりをつるしたとき、一方の伸びは他方の伸びの何倍（あるいは何分の1）になるかを答えるとともに、子供にも分かるような説明文を作るというものであった。すなわち、この「ばね問題」はばねの伸び率を答える「伸び率問題」とそれを説明する「説明問題」からなると考えることができる。これは、Clement⁵⁾で用いられた問題の変形である。Clementは、上記の問題で、どちらのばねの伸びが大きいかを答える課題を、工学を専攻する院生および教授10人に課し、その際の発話思考プロトコルを分析した。結果的に全員が正解したが、解答には6.4分から52分要し、決してそれほど簡単な問題ではなかった。本研究では、さらに何倍（あるいは何分の1）であるかを答えることを求めたため、相当難易度の高い問題となった。

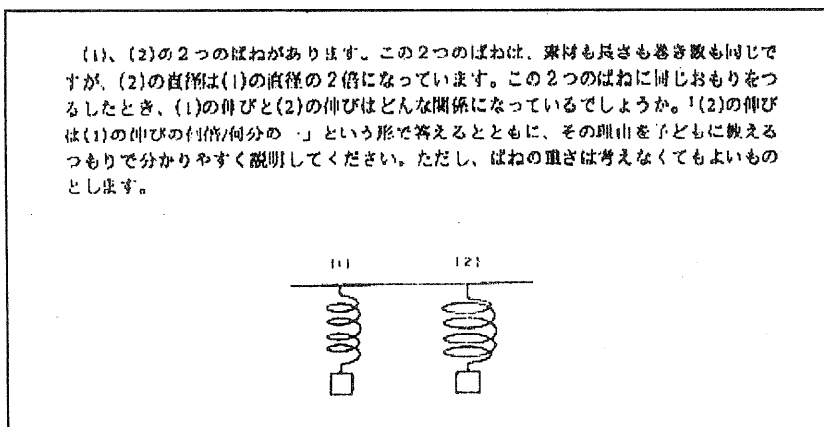


図1 実験に用いた問題

手続き

被験者は、3人ずつ組になり、電子メールを用いて相談しながら一週間の期間中に問題を解決するよう求められた。問題は、予め印刷されたものを配布するか、画像ファイルとしてメールで送付した。実験開始にあたっては、以下のような教示をおこなった。

「先にお渡ししている問題を3人で話し合っ
て解き、『答えと説明文』をひとつ作成して
下さい。期限は〇月〇日の〇時です。それま
でに自由に話し合い、最終的にメーリングリ
スト上で3人の結論を宣言して下さい。なお、
次のことに注意してください。

- 1) 説明文は、子供にもわかるようなものを作成して下さい。
- 2) メールをやりとりするグループの人以外には、相談しないで下さい。
- 3) 説明のために絵や図をやりとりするときには、GIF や JPG などの汎用的な形式で送ることをお勧めします。
- 4) 他にも何組かの実験を行います。最終的に、参加者全員に向けて、各組の答えと説明文を呈示します。」

結果

討論に関する量的分析

各グループの発言総数、各参加者の発言数、他の参加者の発言を参照している発言の数など、問題解決過程で生じた討論の量的側面について表1に示す。

発言数は、14 から 37 と、グループによって倍以上の差があった。これには、参加者の動機付けや性格といった要因以外にも、電子メールをどの程度容易に送受信することができる環境にあるかということも大きく関係していると思われる。総体的に、日中、大学のコンピュータを用いて自由に電子メールの送受信ができる大学院生の発言数は比較的多く、そうした環境にない学部生の発言数は比較的少ない。

表1 グループごとの各種発言数

実験グループ 参加者	発言数	参照 発言数	連続 発言数		
exp1	23	15	1		
KM	9	3		1	
NM	9	7		0	
MK	5	5		0	
exp2	37	20	2		
MT	15	6		0	
ZS	13	8		2	
ON	9	6		0	
exp3	20	12	4		
UT	10	3		3	
Mo	3	3		0	
Ni	7	6		1	
exp4	17	5	3		
IH	9	4		3	
FY	3	0		0	
KH	5	1		0	
exp5	14	8	0		
NT	5	1		0	
SD	4	4		0	
NF	5	3		0	

明示的に他の参加者の発言に言及したり、他者の発言を引用したりしている発言を参照発言と呼ぶことにする。参照発言数は、グループ内での相互作用の量を示す一つの指標と考えられるが、exp4グループを除いた他の4グループでは、総発言数に占める参照発言数の割合が54%から65%と半分を超えており、比較的活発な相互作用が生じていたことを伺わせる。また、同じ人間が続けておこなった発言の数(連続発言数)はかなり少なく、ある参加者が発言した後は別の参加者が発言するという発言のターン性はかなり守られていた。

解答

各グループの解答を表2に示す。伸び率問題の定性的側面、すなわちどちらのばねの伸びが大きいかに関しては、全グループが正解している。伸び率問題の定量的側面、すなわちに伸びの倍率に関してはexp2とexp3の2グループのみが正解している。しかし、その説明の中でexp2が答えた「ばねの長さを変えても伸びは同じ」という部分は明らかに

表2 各グループの解答

実験グループ	伸び率	説明の概略
exp1	2倍	ばね(2)はばね(1)の2倍の長さの針金からできている。したがって、ばね(2)はばね(1)を2つ直列につなげたものと同じ
exp2	8倍	ばねの長さを変えても伸びは同じ。そこで、ばね(2)の長さを2倍にしてみると、ばね(2)はばね(1)を2倍の大きさに拡大したものになる。このとき、ばね(2)の体積はばね(1)の8倍となる。したがって、ばね(2)はばね(1)を8つ直列につなげたものと同じ
exp3	8倍	公式から、2つのばねの伸びの比は各々の直径を3乗したものの比と同じ
exp4	2倍	ばねの直径を究極まで小さくすると針金を縦にしたものと等しく、究極まで大きくすると針金を横にしたものと等しい。したがって、直径が小さい方が伸びは小さくなる。また、その伸びは円周に比例する。
exp5	4倍	ばねを点の集合としてみると、その伸びは各点のたわみの合計と考えられる。また、各点のたわみの大きさはおもりからの距離に比例する。したがって、各点のたわみの合計は、比例のグラフを書いて直線の下側の面積を出すことに等しいので、ばねを作っている針金の長さが2倍になると伸びは $2 \times 2 = 4$ 倍となる

間違っている。また、exp3 はなぜそのような公式になるのかを説明していない。したがって、説明問題に関しては、両グループとも充分とはいえない。

問題表象の形成

ばね問題を解決するために、参加者は与えられた問題文から適切な問題表象を形成、洗練していかなければならない。そのために参加者達が実際にとった方略として以下のようなものをあげることができる。

・特定要素への注目

問題文に記述されている要素のうち、問題解決に関係があると思われる特定の要素に注目することで、問題表象を洗練させる。例えば、exp1 と exp3 ではともに、問題解決過程の初期に、「ばねを構成する針金の長さに注目することが必要」という主旨の発言がなされている。

・既存イメージの利用

参加者が既にもっているイメージを用いて、問題表象に新たな知識を付け加える。例えば、ばねのおもちゃのイメージから直径の大きいばねの方がよく伸びる

と考えたり (exp1、exp2)、逆に重量物を支える強いばねのイメージから直径の大きいばねの方が伸びは小さいと考える (exp2)、という発言がなされている。

・極端化

問題文中のある要素を極端化することによって、問題表象を変換し新たな知識を付け加える。例えば、直径を極端に大きくしたり小さくしたりする (exp4)、コイルの巻数を1つにして考える (exp5) といった極端化がおこなわれている。

・類推

問題文中のある要素を極端化するのではなく、問題文の状況に類似しているがばねとは異なる対象物からなる状況を設定し、そこからの類推によって問題表象に新たな知識を付け加える。例えば、水平の針金 (exp3) やプールの飛び込み台 (exp5) が類推の対象として利用されている。

このように、参加者は様々な方略を用いて、問題解決に向けて問題表象を洗練させている。以上の方略の具体的なプロトコルを表3に示す。

表3 各方略を示すプロトコル例

特定要素への注目の例		
exp1	KM	両方のばねを…伸ばしたときの全長を考えてみましょうか？
exp3	UT	ばね(2)の直径は、ばね(1)の2倍ということは…ばね(2)の長さは、ばね(1)の2倍ということですよ ね
既存イメージの利用の例		
exp1	NM	ばねのおもちゃ…を思い出すと、巻が大きいものは…伸びていた
exp2	ON	おもちゃのばねなんですけど…直径が大きいと、自分が下に伸びるのから？耐えるのに、より力があるように思ったのですが
exp2	MT	私は結構がしがしした強そうなばねをイメージしたので大きい方が力があるかなあといったイメージなのですが
極端化の例		
exp4	FY	極端な場合を考えてみると…究極まで直径を短くすると縦向きの一本の針金のようになるってことで、逆に直径が大きいと言うことは、究極的には横向きの一本の針金のようになる
exp5	NT	話を極端に単純化して、ばねの巻き数を1回ということにして考えるといいのかな？
類推の例		
exp3	UT	2本の針金を用意します。…針金(2)の長さは(1)の2倍です。針金(1)と(2)の片方の端は固定され、それぞれの針金は水平に保たれます
exp5	NT	プールの飛び込み台の突き出てる部分みたいなもの…すると、プールのたえで言うと、同じ体重の人間が乗っても、結局板の長さ(直径に相当)が長ければ、長いほど、たわみも大きい

プロトコルはすべて参加者自らが入力したものをそのまま抜粋している
「…」は中略を表す

関連する知識領域の特定

ある問題を解決するためにどのような領域の知識が必要なのかを特定することは、注目すべき属性や関係の特定、使用すべき概念の特定などに結びつくため、その問題の解決にとって重要である。例えば、ばね問題の場合、それが「理科」の問題として解決可能なのかそれとも「物理」の問題としてでないか解決できないのかを特定することは、適切な問題表象を形成し伸び率問題を解決するために役に立つ。また、本実験では書物などを参照することは禁じられていなかったため、適切な参照をおこなうためにも関連する知識領域を特定することは有効である。そのため、どのくらいのレベルの理科問題かを問題とする発言がなされた(exp1)。

同様に、説明問題を解決するという目的のためにも、説明に使用可能な知識を特定しよ

うとする発言がみられた(exp1, exp2, exp3)。

伸び率問題の制約条件としての説明問題利用

伸び率問題と説明問題は基本的には独立した問題である。しかし、子どもへの説明が求められていることを伸び率問題が子どもに容易に説明可能な概念・方法で解決可能であることを保証するものと捉えたり(exp1, exp4, exp5)、子どもへの説明が困難であることを理由に伸び率問題の解を修正する(exp1)場合があった。このような場合、参加者は説明問題を伸び率問題の制約条件として利用しているといえよう。

外部リソースの利用

5グループ中3グループがインターネットのホームページや書籍を参照した。そうした外部リソースから得た情報はどのグループも

表4 各方略を示すプロトコル例2

関連する知識領域特定の例		
exp1	NM	中学校くらいの理科…のレベルなのでしょうか？それとももっと高度なのでしょうか？
exp1	NM	3乗というところからして既に子どもに分かるように説明できそうにない
exp2	MT	小学生に教える場合ということですが円周率とかはまだ習っていないのでしょうか？
exp3	UT	正攻法で説明しようとするならば、「ねじりモーメント」を持ち出さねばならないことに。「ねじりモーメント」を理解できる子どもって一体・・・
伸び率問題の制約条件としての説明問題利用の例		
exp1	MK	わかりやすく説明してくださいということなので、あまり複雑なことではなく、直感的に答える、ということなのか
exp4	IIi	子供に説明するというので、そんなに難しいことではないと思う
exp5	NF	子供に教えるつもりで…ということは子供でもわかる理論で解けるということなのではないでしょうか
exp1	KM	式によって8倍の答を出されて、数値的にはこれで合っていると思うのですが…どう考えても小学生に説明するのは無理…式からの説明をやめにすれば、まきの長さから攻めるしかない…そうすれば、(1)とくらべて(2)は単純に2倍になる

プロトコルはすべて参加者自らが入力したものをそのまま抜粋している

「…」は中略を表す

ほぼ同じで、その主なものはばねの伸びを計算する公式であった。しかし、得られた情報をどのように利用するかについては各グループによって大きく異なっていた。

exp1: 公式から得られた伸び率問題の解答を、子どもへの説明が困難という理由で棄て、それ以前に得られていたより単純な解答を採用した。

exp2: 公式から得られた伸び率問題の解答を採用し、かなりの論議の後、その説明を作成した。

exp3: 公式から得られた伸び率問題の解答を採用したが、その具体的な説明は作成できず、結局そのような公式があるという形での説明をおこなった。

このように、本実験では、過半数にあたる3グループが自発的に外部リソースを利用した。また、この3グループはすべてインターネットのホームページを参照し、それと重複する形で1グループが書籍も参照した。電子メールを利用した協調的問題解決では、時間的に自由な参加が可能であることとインターネットへのアクセスとの親和性が高いことが、

こうした外部リソースの利用を促していると考えられる。

考察

今回用いたばね問題は、参加者達にとってかなり困難な問題であった。伸び率問題に正解したのは2グループのみであり、それもインターネットなどの外部リソースからの情報に基づくものであった。さらに、説明問題に関しては、その2グループも決して十分な解答を提出したとはいえない。このように困難な問題を解決するために、参加者達は既存イメージの利用や極端化、類推などの様々な方略を用いて問題の表象を形成、洗練しようとした。また、関連する知識領域を特定したり、説明問題を伸び問題の制約条件として利用したりすることによって、問題空間を制約しようとする活動もみられた。このような解決活動は、個人による問題解決でみられるものと基本的には異なるものである。もちろん、個人による問題解決と協調的問題解決とで、異なる過程も現実には多々存在する。その一つとして、例えば集団内での意思集約過程が

あげられる。参加者間で異なる意思を集団の意思として集約する過程は、個人による問題解決ではみられないものである。しかし、本実験の場合、集団規模が3人と小さいこと、解の説得性¹が比較的高い課題であることなどにより、参加者間で対立する意思を集約するという明確な集団的意思集約過程は生じなかった²。

さて、本実験での3人の参加者による協調的問題解決過程を一つの問題解決過程として捉えた場合、そこで生じている個々の活動は個人による問題解決でみられる活動と基本的にはそれほど異なるものであった。しかし、もちろん、問題解決過程をより詳細に検討すれば、複数人の解決者が協調していることに由来する様々な特徴をみてとることができる。最後に、本実験でみられた協調的問題解決過程の特徴をいくつか指摘する。

協調的な問題解決過程としての特徴 重要な提案の分散

本実験での問題解決過程で、参加者達は様々な方略を用いた。複数の人間による協調的問題解決として特徴的なのは、そうした方略の提起、使用が集団内の複数の被験者からなされていることである。例えば、exp1では、解決過程の最初期に「特定要素への注目」「関連する知識領域の特定」「伸び率問題の制約条件としての説明問題利用」という提案が異なる参加者によってなされている。また、

¹ 解の説得性とは、解が提出されたときにその解の正しさがどれだけ自明のものとして集団の成員に了解されるかをいう。Laughlin et al.⁶⁾によれば、集団的課題は説得性が高い知的課題から説得性が低い評価的課題までの連続体をなすとされる。

² 筆者らが別の機会におこなった実験で、本実験と同様の課題を10人から20人程度の集団で解いた場合には、多数決によって伸び率問題の解を決定しようという発言が何人かの参加者からなされた。

exp2でも、「関連する知識領域の特定」「既存イメージの利用」「外部リソースからの情報」の提案が異なる参加者によってなされている。同様に、exp4では、「伸び率問題の制約条件としての説明問題利用」と「極端化」が別の参加者によってなされている。このように、多くのグループでは、主導的な一人の参加者が問題解決過程で重要な提案をほとんどおこなう、というよりは重要な提案が複数の被験者に分散しておこなわれた。もちろん、同課題を単独で解決するという実験条件が設定されていないため、3人の参加者からなされた提案の数および質が単独の参加者からのそれに優越しているかどうかを比較することはできない。しかし、提案の分散は、単に提案の数や質の問題だけではなく、参加者間での問題の分割や複数の視点からの同時並行的な問題解決が生じていた（または、これから生じる）ことを示唆するものとして重要である。この点に関しては、今後さらに検討していく必要がある。

協調活動を通じての理解の深化

協調活動をおこなうことにより、参加者間での知識の共有化が生じ、そのことが新たな知識の創発をもたらす問題に対する理解が深まる可能性がある。また、そのような知識の創発が生じなかったとしても、知識の移動を通じて各参加者の理解がその集団内で最もよく理解している者のそれに近づくという教育的効果も、協調的問題解決の利点といえるだろう。本実験の場合も、そうした例はいくつもみだせる。例えばexp2では、表3に示すようにばねについてONとMTからそれぞれ異なるイメージが提出され、それがばねについての理解を深めるきっかけとなった。また、exp4で、FYが「素材も長さも巻数も同じで、どうやって直径2倍のばねを作るのか」と質問したのに対して、IHがすぐに、ばねを作る針金の長さが同じなのではなくば

ねとしての長さが2倍であると指摘し、それを受けて FY が表3に示したような有効な「極端化」を提出し、どちらのばねの伸びが大きいかを定める決定要因となったという例がある。このように、知識の移動、共有化によって問題の理解が深まることも協調的問題解決の特徴であり利点であるといえるだろう。

むすび

インターネット上のメーリングリストを用いて、複数人が協調して問題解決する過程を実験的に検討した。問題解決過程には、個人による問題解決でみられる活動と同様の過程と、複数人による活動に特徴的な過程（例えば、重要な提案の分散、協調活動を通じての理解の深化など）が見られた。

コンピュータネットワークを利用した会議システムや学習システムへの期待が高まる中、コンピュータ利用の利点・欠点を明確にすることが重要である。例えば、本研究で観察されたように複数人が異なった発想から異なった提案をおこなうことは創発的な協調活動に不可欠であり、このような発散的発想と積極的な発言を促進し、創発された知識の共有を支援するような仕組みの実装が求められる。

謝辞：本研究は、NTT コミュニケーション科学研究所と名古屋大学の共同研究から援助を受けた。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- [1] 亀田達也 (1994) 集団意思決定と社会的共有制 心理学評論, 37, 367-385.
- [2] 亀田達也 (1997) 合議の知を求めて 共立出版株式会社
- [3] Miyaka, N. (1986) Constructive interaction and the iterative process of understanding. *Cognitive Science*, 10, 151-177.
- [4] Okada, T. & Simon, H. A. (1997) Collaborative discovery in a scientific domain. *Cognitive Science*, 21, 109-146.
- [5] Clement, J. (1988) Observed methods for generating analogies in scientific problem solving. *Cognitive Science*, 563-586.
- [6] Laughlin, P. R., VanderStoep, S. W., & Hollingshead, A. B. (1991) Collective versus individual induction: Recognition of truth, rejection of error, and collective information processing. *Journal of Personality and Social Psychology*, 61, 50-67.