

筑波大学大学院博士課程

システム情報工学研究科修士論文

アイデア発散を促進するブレインストーミング
支援システムの開発

高部 拓人

修士（工学）

（コンピュータサイエンス専攻）

指導教員 田中 二郎

2015年 3月

概要

本研究では、集団でおこなう発想技法としてポピュラーなブレインストーミングを支援するシステム、ThirdMind を提案し、その実装をおこなった。ブレインストーミングにおけるアイデアの発散をサポートするアプローチとして、ThirdMind に議論の内容に対する発言権を付与することで、議題の枯渇を防いだり議論の流れを変えていく役割を持たせることを考えた。システムが議論に介入する手段として、ブレインストーミングの議事録やアイデアの整理技法として一般的に用いられる MindMap を拡張した、MindMapBase インタフェースを実装した。システムは、この MindMapBase インタフェースを通じてユーザのアイデアに便乗する形でその内容を書き換え、議論を発展させる。このとき、アイデアの発散をより効果的にサポートするため、ユーザによっておこなわれるブレインストーミングの状態を検知し、議論が停滞したり、話題が硬直したタイミングで議論に介入するよう工夫をほどこした。また、ユーザのアイデアに便乗する際には Web 上の膨大な知識を用いることで、議論に新しい知識を呼び込むことを可能としている。ユーザは ThirdMind を第三の参加者としてブレインストーミングに加えることで、より多くのアイデア発散の機会を得ることができる。

目次

第 1 章 序論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 アプローチ	2
1.4 本論文の構成	2
第 2 章 ThirdMind システムの設計	3
2.1 設計方針	3
2.1.1 アイデア発散機会の提供	3
2.1.2 新しいアイデアとその提示方法	3
2.1.3 システムが有する知識	4
2.1.4 発想支援システムとしての位置づけ	4
2.2 ThirdMind システム	5
2.2.1 概要	5
2.2.2 MindMapBase インタフェース	5
2.2.3 ブレインストーミングにおける議論の状態検知	11
2.2.4 現在の議題の推定	12
2.2.5 現在の議論の内容に対する連想語句の提案	12
2.3 拡張 MindMap 法	12
2.3.1 システムの利用シナリオ	13
第 3 章 ThirdMind システムの実装	14
3.1 システムの構成	14
3.2 ソフトウェアインタフェース	14
3.2.1 MindMap の操作	14
3.2.2 情報の同期	17
3.3 ブレインストーミングにおける議論の状態検知	18
3.3.1 マイクによる音量変化の監視	18
3.3.2 インタフェースへの入力検出	21

3.4	現在の議論の推定	21
3.4.1	インタフェースへの入力履歴の利用	21
3.4.2	音声認識による会話内容の検出	22
3.5	現在の議論に対する連想語句の提案	22
3.5.1	Web 上の情報の活用	22
3.5.2	連想語取得アルゴリズム	23
3.6	処理の流れ	26
第 4 章	関連研究	28
4.1	アイデアの発散機会をあたえるブレインストーミング支援の研究 . . .	28
4.2	議論の盛り上がりに着目したブレインストーミングに関する研究 . . .	28
第 5 章	結論	30
5.1	まとめ	30
5.2	今後の展望	30
謝 辞		31
参考文献		32

目 次

2.1	MindMapBase インタフェース	6
2.2	中心議題のアイデアノード	7
2.3	中心議題の内容を変更するテキストボックス	7
2.4	ノードの追加ボタン	8
2.5	新しいノードの追加後の様子	8
2.6	ノードの削除ボタン	9
2.7	ノードを削除したあとの様子	9
2.8	ノードの内容を変更するテキストボックス	10
2.9	ノードの内容を変更したあとの様子	10
2.10	ノードを移動したあとの様子	10
2.11	ThirdMind からのアイデアノードの追加	11
2.12	検索キーワードと検索結果に含まれる関連キーワードの例	13
3.1	ThirdMind のシステム構成	15
3.2	情報の入出力図	16
3.3	発話キャリブレーション中の画面	20
3.4	無音キャリブレーション中の画面	20
3.5	連想語取得の手順	24
3.6	Wikipedia 記事内のリンク	25
3.7	ThirdMind の処理の流れ	27

表 目 次

3.1 ユーザがおこなえるアクションとその呼び出し方法	17
---------------------------------------	----

第1章 序論

1.1 研究背景

研究やビジネスなどの新しいアイデアを生み出すことが重要とされる分野において、ブレインストーミング¹という発想技法がしばしば利用されている。この発想技法は、集団で議論することによって出される多くのアイデアの「結論を先送り」にし、それらを「結合したり改善」しながら発散させていく。また、多少的外れであったとしても「自由奔放」な意見を積極的に歓迎し、「質よりも量」を重視すること原則としている。これらの原則により、新たな発想の誘発やアイデアの連鎖反応を期待する。ブレインストーミングにより発散した多くのアイデアは、単純な議事録のほかに、MindMap²やKJ法³等の技法を併用することで整理される。MindMapとは、中心に議論のテーマとなるキーワードや図を設定し、そこから放射状にアイデアとなるキーワードやイメージを広げ、関連性のあるキーワード同士をつなげていくことで思考の流れを整理し、新たな気付きを得ようとする発想技法の一つである。KJ法とは、議論により挙げられたたくさんのアイデアをカードで表現し、直観にもとづきグループ化することで整理、分類、統合する手法である。

現在、これらの手法を用いることで会議を支援し、効率化することを目的としたソフトウェアが数多く開発されており、その需要のほどが窺える。これらのソフトウェアは、ブレインストーミングとともに利用されるMindMapやKJ法をより使いやすとしたもの [1] [2] であったり、スマートフォン [3] や、テーブルトップインタフェース [4] [5] [8] などのハードウェアの利点を活用したもの、遠隔地にいるユーザ同士の会議や共同作業をサポートするものが大半であり [6] [7]、発想に不慣れな人間の発想そのものを支援するもの、すなわちアイデアの発散を助け、ブレインストーミングを活気づけるための工夫が不十分である。

¹<http://ja.wikipedia.org/wiki/ブレインストーミング>

²<http://ja.wikipedia.org/wiki/マインドマップ>

³<http://ja.wikipedia.org/wiki/KJ法>

1.2 研究目的

議論を盛り上げ、アイデアの発散を誘発するような工夫を施したブレインストーミング支援システム、ThirdMind の開発を目的とする。

1.3 アプローチ

システムに議論の内容に対する発言権を付与することで、議題の枯渇を防いだり、議論の流れを変えていく役割をもたせる。システムが議論に介入する手段として、ブレインストーミングの議事録やアイデア整理技法として一般的に用いられる MindMap を拡張した MindMapBase インタフェースを提案する。システムは、この MindMapBase インタフェースを通じてユーザのアイデアに便乗する形でその内容を書き換え、議論を発展させる。本システム ThirdMind が提供する MindMapBase インタフェースを利用しながらシステムとともに議論を進めていくブレインストーミング手法を、拡張 MindMap 法とよぶ。

1.4 本論文の構成

本章では、序論として研究をおこなうに至った背景および研究目的を述べた。本章に続き、第2章では、本研究で提案するシステム、ThirdMind の具体的な設計方針とコンセプトを述べる。第3章では、第2章で示したシステムを実現するための実装方法について述べる。第4章では、本研究に関連する研究をあげ、本研究との類似点や差異を論じる。第5章では、本研究の結論を述べるとともに、今後の発展性を示す。

第2章 ThirdMind システムの設計

2.1 設計方針

本研究で提案するシステムは、ブレインストーミングを支援するものである。ブレインストーミングにおいて、参加者が大量の意見やアイデアを出しあうことで議論を発展させていくことが重要であるということは、第1章で述べた通りである。本章では、アイデアの発散をサポートするためにシステムに求められる要素をあげ、それを実現するための方針を検討し、本研究で開発するブレインストーミング支援システム、ThirdMind の設計方針とする。

2.1.1 アイデア発散機会の提供

本システムに求められる何よりも重要な要素は、ブレインストーミングの本質の一つである「アイデアの発散」に繋がる機会を増大させることである。既存のブレインストーミング支援システムではこの点を、例えばチェックリスト法¹を用いたソフトウェア側からユーザへの(転用、応用、代用等の可能性を考えさせるといった)問いかけや、ユーザにより入力されたキーワードにもとづいて Web 上に存在する情報を引き出し、それを提示することで議論の種を生む、というような形でサポートする。本システムでは、既存のシステムの「ユーザへの情報提示による議論の種の提供」といった点を踏襲しつつも発展させ、システムへ議論の活気を読む機能を付加することにより、「議論を活気づかせるため」に「適切なタイミング」で積極的にユーザへ議論の種を提示することを考えた。議論に行き詰まったり、話題が枯渇するといった状況をシステム側からのサポートのトリガーとし、これを「アイデアの発散に繋がる機会を増大させる」という要求へのアプローチの一つとする。

2.1.2 新しいアイデアとその提示方法

本研究では、システムがユーザへ提示する議論の種として、ブレインストーミングの原則にしたがい、これまでの議論によって出されたアイデアを利用し発展させるこ

¹<http://www.japancreativity.jp/category/checklist.html>

とで、それを新たなアイデアとしてユーザに提示する。これにより、システムが他のユーザと同様、既存のアイデアに便乗する形で議論に影響をあたえることとなる。以上の機能を実現するためには、現在議論されているアイデアや、そのアイデアに至るまでのアイデアの流れをシステムが認識する必要がある。

2.1.3 システムが有する知識

ユーザが議論しているアイデアをもとに新しいアイデアを生成するためには、システムがユーザ以上の知識を有している必要がある。本研究ではこの問題を、日々新たな情報が蓄積される Web 上の情報源を参照し、その膨大な知識を利用することで解決する。Web 上の知識を利用するメリットとして、システムによる新しいアイデアの提示を通じて、自分のものでも他の参加者のものでもない、ユーザ同士が持ち寄った知識以上の知識、すなわち第三者の知識が議論に飛び込む可能性に繋がる点をあげる。Web の知識を用いる点について、既存のシステムとの差異は、ユーザの能動的なインプット (検索行動) を必要とせず、システムが議論の状態を読み、議論を活気づけようとしたタイミングで利用される点が異なる。すなわち、第三者 (システム, ThirdMind) からのアイデアの提案という形で利用される。

2.1.4 発想支援システムとしての位置づけ

ここで、本システムの位置づけを定めておく。Young [9] は、人間の発想をサポートするシステムを、「秘書レベルの発想支援システム」、「枠組みレベルの発想支援システム」、「生成レベルの発想支援システム」の3種に分類している。「秘書レベルの発想支援システム」とは、動的な電子黒板のような機能を提供することによりユーザの記憶をサポートしたり、発想技法の妨げとなるような雑用を請け負うシステムのことである。「枠組みレベルの発想支援システム」は、MindMap や KJ 法などの既存の発想技法や、システムの提供する手法を効果的におこなえるようサポートするシステムであり、「生成レベルの発想支援システム」は、システムが自らアイデアを生成し、ユーザに真新しいアイデアとして提供するというような役割を果たすシステムである。本研究で提案するシステムでは、ブレインストーミングをおこなう際の人間の発想を、Web 上の膨大な知識を用い、適切なタイミングでサポートすることを目指すのであった。そのため、ThirdMind を「枠組みレベルの発想支援システム」と位置づける。

2.2 ThirdMind システム

2.2.1 概要

前節 2.1 の設計方針から、次のような機能から構成される ThirdMind システムを提案する。このシステムはユーザがブレインストーミングをおこなっている最中に、「ブレインストーミングにおける議論の状態検知」機能により、議論の活気を読み、ユーザに対して新しいアイデアを提示するタイミングを決定する。その際、「現在の議題の推定」機能でユーザ同士が議論している内容を決定し、その結果をもとに「現在の議論の内容に対する連想語句の提案」機能にて新しいアイデアを生成する。最後に ThirdMind のソフトウェアインタフェースとなる「MindMapBase インタフェース」を通して、ユーザに新しいアイデアを提案する。

2.2.2 MindMapBase インタフェース

前述 2.1 の要件を満たすようなソフトウェアインタフェースを考える。まず第一に、枠組みレベルの発想支援システムとして、ブレインストーミングによってあがった多量のアイデアの整理を、ある枠組みにしたがってサポートできることが求められる。次に、システムが議論の活気や、現在議論されているアイデアとそれに至るアイデアの推移情報を認識し、それらの情報をもとにユーザへ新たなアイデアを提示できることが求められると述べた。

以上の要求を踏まえ、本システムでは、ブレインストーミング支援システムでしばしば用いられる MindMap をソフトウェアインタフェースとして選定した。MindMap を採用することにより得られるメリットを以下にまとめる。

- MindMap はポピュラーな発想技法であり、その利用方法をイメージしやすい
- アイデアの整理法としてもブレインストーミングと相性が良く、多くのアイデアを互いに関連するものと結びつけて整理できる
- システムは、各アイデアに至るアイデアの流れをノードをたどることで正確に認識できるため、議題に関連したアイデアを提供しやすくなる
- システムによる新しいアイデアの提示は、MindMap へのノードの追加により表現できるため、これを議論の参加者のひとりの意見としてそのまま利用し、発展させることができる

ThirdMind は、MindMap をベースとして拡張した、「MindMapBase インタフェース」をユーザへと提供する。MindMapBase インタフェースは、一般的な MindMap を模したソフトウェアインタフェースを参考に、「中心議題の設定」、「ノードの追加」、「ノードの削除」、「ノードに設定されたアイデアの修正」、「ノードの位置関係の変更」を基本機能としてもつよう実装する。また、拡張機能として「ThirdMind からのアイデアノードの追加 (提示)」機能を実装する。MindMapBase インタフェースの外観を図 2.1 に示す。

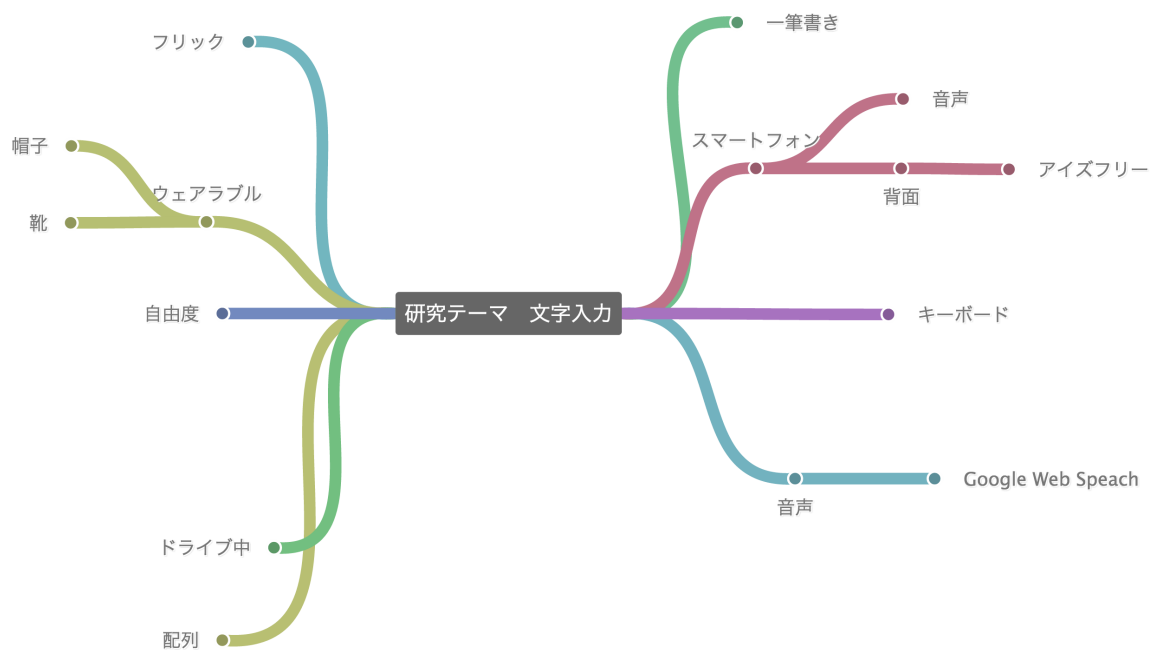


図 2.1: MindMapBase インタフェース

中心議題の設定

ThirdMind の利用を開始する際に、一番はじめにどんな議題を中心にブレインストーミングをおこなうのかを設定する必要がある。システムの利用開始時の GUI は図 2.2 に示されるとおり、GUI の中央に「中心議題」となるアイデアノードのみが配置されている。「中心議題の設定」機能は、そのノードをダブルクリックすることで、図 2.3 のようなテキストボックスを呼び出し、アイデアノードの内容を書き換える機能である。



図 2.2: 中心議題のアイデアノード



図 2.3: 中心議題の内容を変更するテキストボックス

ノードの追加

MindMap は、あるアイデアノードに対して、新しいアイデアノードを繋げて広げていくことで、アイデア同士の関係性や、そのアイデアに至る流れを表現する。「ノードの追加」とは、各アイデアノードにマウスポインタを近づけると表示される図 2.4 のような「+」ボタンをクリックすることで呼び出し、図 2.5 に示すようなノードが新しいアイデアノードとして既存のアイデアノードに追加される機能である。



図 2.4: ノードの追加ボタン



図 2.5: 新しいノードの追加後の様子

ノードの削除

議論の末に、不要となったアイデアノードを削除したい場合がある。ユーザがキーボードの Shift キーを押しているあいだ、MindMapBase インタフェース内の「+」で表現される「ノードの追加」ボタンの見た目が、図 2.6 のように「×」に変化し、「ノードの削除」ボタンに変化する。このボタンをクリックすることで、対象のアイデアノードとその子孫アイデアノード全てが図 2.7 のように削除される。



図 2.6: ノードの削除ボタン



図 2.7: ノードを削除したあとの様子

ノードに設定されたアイデアの修正

一度入力したアイデアノードの内容を変更したい場合に呼び出す。対象のアイデアノードをダブルクリックすることで、図 2.8 に示すようなウインドウが表示され、入力した内容がアイデアノードへと反映される。その様子を図 2.9 に示す。



図 2.8: ノードの内容を変更するテキストボックス



図 2.9: ノードの内容を変更したあとの様子



図 2.10: ノードを移動したあとの様子

ノードの位置関係の変更

MindMap を見やすく整理したり，アイデアノードの関連性にもとづいて位置関係を設定したい場合がある．MindMap 上に存在する各アイデアノードをクリックしたままマウスカーソルを動かすことで，対象ノードとその子孫ノードがマウスカーソルに追従して平行移動する．図 2.9 の位置関係から図 2.10 のようにノードを移動することができる．

ThirdMind からのアイデアノードの追加 (提示) 機能

ThirdMind から新しいアイデアが提示される際に，ユーザの明示的な入力なしにアイデアノードが追加される．このとき，画面右下には，図 2.11 のように ThirdMind からのノードの追加とわかるような通知が表示される．



図 2.11: ThirdMind からのアイデアノードの追加

2.2.3 ブレインストーミングにおける議論の状態検知

ThirdMind は，ユーザによっておこなわれるブレインストーミングの状態を，「議論中」，「停滞中」，「議論内容の硬直中」の 3 つに分類し，これらを検知する．

「議論中」の状態では文字通り，ブレインストーミングによって活発な議論がおこなわれている状態を指す．

「停滞中」の状態では，議論が滞っており，ユーザの発言が少なくなっている状態を指す．本システムはこの状態検知をトリガーとして，新しいアイデアを生成し，ユーザへと提示することとなる．

「議論内容の硬直中」の状態では、MindMap 中のあるアイデアノードから伸びるエッジが分岐せず、一方向に長く伸びてしまった状況や、特定のアイデアノードにおいてノードの追加や削除が頻発している状況を指す。この状態の検知は、システムがアイデアの発散に繋げるため別の話題へと視点の変更を促したり、現在の話題になっているアイデアとは違う「自由奔放なアイデア」をユーザへ提示する場合に役立つ。また、「議論内容の硬直中」状態は「議論中」の部分集合の状態であると言える。

2.2.4 現在の議題の推定

本章の設計方針の節で、システムから提示する新たなアイデアは、現在の議論の内容をもとに、それを利用したり発展させることで生成することが望ましいと述べた。本システムでは、現在なされている議論の内容を、MindMapBase インタフェースへのアイデアの入力内容や、ユーザ同士の実際の会話内容などを利用し、推定する。

2.2.5 現在の議論の内容に対する連想語句の提案

ThirdMind システムが生成する新たなアイデアは、システムが提供する MindMapBase インタフェースに新たなノードとして追加することで提示する。この新たなアイデアは、MindMap の一部をなすアイデアノードとなるため、親アイデアノードに関連する簡素なキーワードという形を取る。新たなアイデアとしてのキーワードを本研究では、あるアイデア (議論の内容) に対する「連想語句」と定義する。

連想語句は Web 上の情報を探索し、選定する。我々は Web 上から情報を引き出す際、情報検索エンジンにキーワードを入力することで、目的の情報の候補を絞り込む。通常、絞り込まれた候補として得られる情報には、入力された検索キーワードとそれに関連するキーワードがテキスト形式で含まれている。その一例を図 2.12 に示す。本研究では、Web 上のキーワード検索可能な情報源にて対象となるアイデアに関連する情報を探索し、その連想語句の候補を絞り込む。そしてその結果を MindMapBase インタフェースに追加することで、新たなアイデアとしてユーザへ提示する。

2.3 拡張 MindMap 法

上記のような機能を持つ ThirdMind システムとともに MindMapBase インタフェースを通じてアイデアを発散させていくブレインストーミング手法を、拡張 MindMap 法と名付ける。



図 2.12: 検索キーワードと検索結果に含まれる関連キーワードの例

2.3.1 システムの利用シナリオ

本 ThirdMind システムを利用した拡張 MindMap 法において期待する状況と、そのときのシステムの挙動を解説し、システム設計の総括とする。

研究テーマ選びに悩む大学生 A は、同研究室の同期数人を誘い、ThirdMind を使ったブレインストーミングを開催した。A は新しい文字入力手法に興味を持っていたため、ThirdMind が提供する MindMapBase インタフェースに対し、中心議題として「文字入力手法 研究テーマ」を設定し、ブレインストーミングを開始した。それからしばらく ThirdMind の MindMapBase インタフェースを使いながら同期と意見を出し合い、議論を進めていった。このとき、スマートフォンにおける文字入力に関する議論が白熱しており、スマートフォンに関するアイデアばかりがシステムに入力されていた。ここで ThirdMind が「議論内容が硬直している」ことを検知し、中心議題であった「文字入力手法 研究テーマ」に対する新しいアイデアとして「自由度」、「キーボード」、「ウェアラブル」などのアイデアノードを次々に追加した。「自由度」というキーワードを見た参加者の一人が、「新しい入力手法の他に、既存の入力手法の自由度を増やす方向で研究テーマを考えてみては」と発言したことにより、議論は異なる方向へと進み、アイデアの発散に繋がった。

議論が進んでいくうちに、参加者のアイデアが尽き、発言頻度が減っていった。ThirdMind はこれを「議論の停滞中」とであると判断し、最後に参加者が追加したアイデアノードに対して、新たなアイデアを付加したことにより、そのアイデアの是非に関する議論が生まれた。

第3章 ThirdMind システムの実装

3.1 システムの構成

ThirdMind は図 3.1 に示すような、サーバ PC (MacOS 10.9.5), マイク (MacBookPro 15 インチ Retina Late2013 内蔵) とサーバ PC 内で動作するソフトウェアによって構成されている。サーバ PC 内では, https サーバとして Node.js¹ (v0.10.33) が動作しており, これを通じて HTML5 と JavaScript によって実装された Web アプリケーションを配信している。Web アプリケーションは, 各ユーザが持ち寄ったクライアント PC 内のブラウザ (GoogleChrome 39.0.2171.95 64bit) 上で動作する。

本システムがユーザから受け付ける情報は, サーバ PC に内蔵されたマイクへの音声入力と, 各クライアント PC から入力された Web アプリケーションへのテキスト入力およびマウス入力の情報のみである。また, システム側からユーザへ配信する情報は, Web アプリケーションの MindMapBase インタフェースを通して表示される。システムを利用した際の情報の入出力の概略を図 3.2 に示す。

3.2 ソフトウェアインタフェース

3.2.1 MindMap の操作

MindMapBase インタフェースは HTML5 と JavaScript, そのライブラリである d3.js² を利用し, 構築した。d3.js は MindMap のような木構造で表現されるデータを容易に可視化することが可能であり, 本システムの GUI 表現に適している。MindMapBase インタフェースに対してユーザがおこなえるすべてのアクション (入力) と, その呼び出し方を以下の表 3.1 にあげる。

¹<http://nodejs.org/>

²<http://d3js.org/>

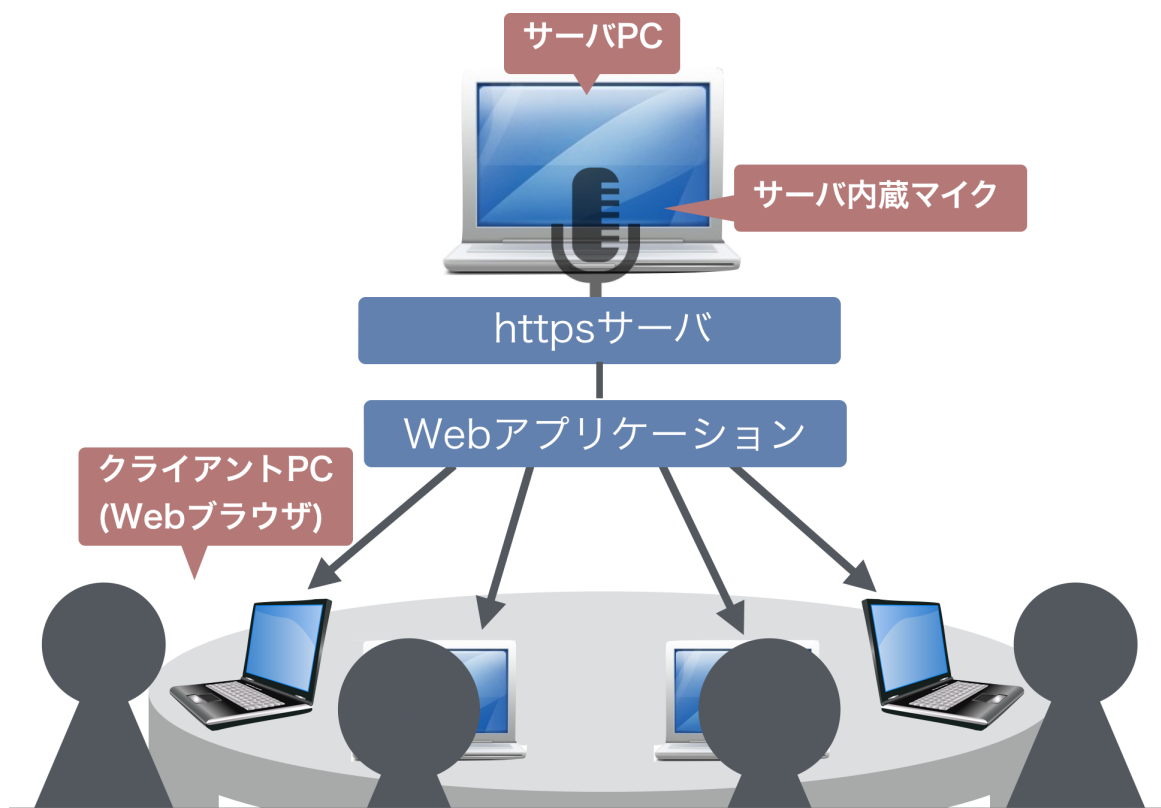


図 3.1: ThirdMind のシステム構成

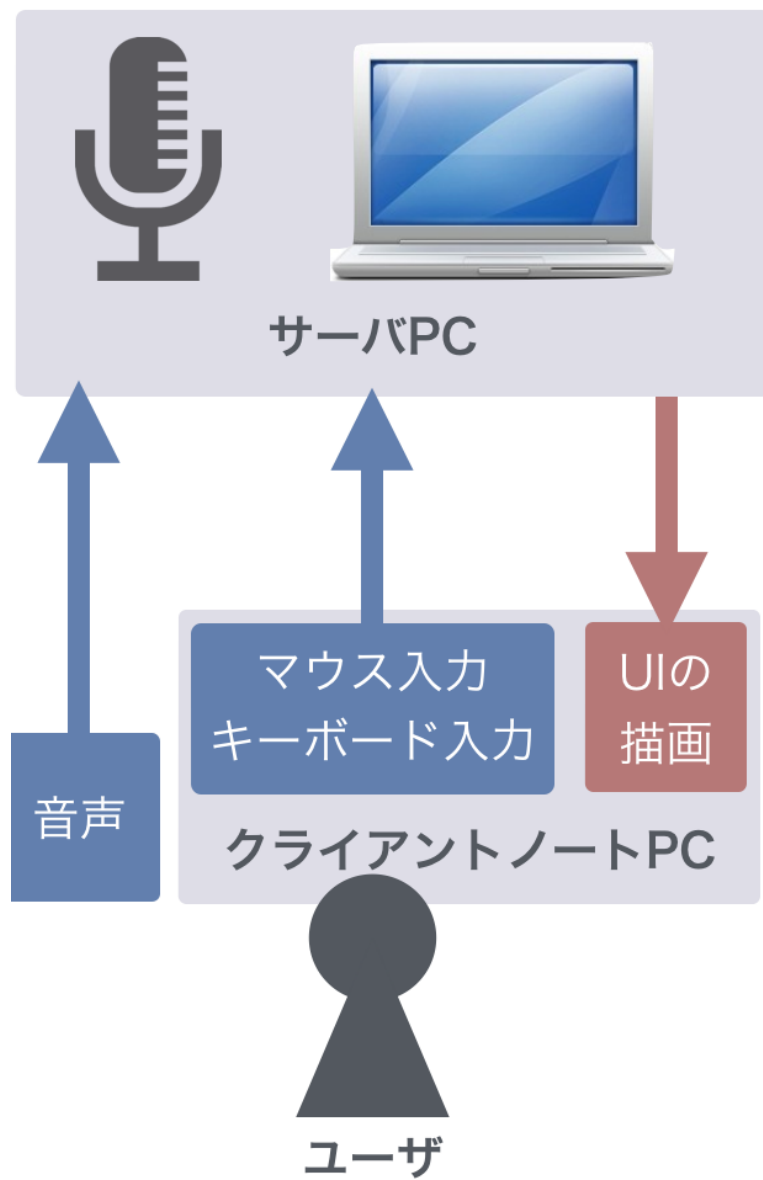


図 3.2: 情報の入出力図

表 3.1: ユーザがおこなえるアクションとその呼び出し方法

アクション (入力)	呼び出し方法
中心議題の設定	中心のアイデアノードをダブルクリックする.
ノードの追加	アイデアノードの「+ボタン」をクリックする.
ノードの削除	アイデアノードの「×ボタン」をクリックする. キーボードの Shift キーを押している間, 各アイデアノードの「+ボタン」が「×ボタン」へと変化する.
ノードに設定されたアイデアの修正	アイデアノードをダブルクリックする.
ノードの位置関係の変更	アイデアノードをクリックしながらマウスポインターを移動させる (ドラッグ).

3.2.2 情報の同期

本システムは, 複数のユーザが同時に操作可能な Web アプリケーションとして開発した. Web アプリケーションを利用しているすべてのユーザに対して同じ内容を表示するためには, サーバとクライアントの間でリアルタイムなデータの同期が必要である. 本システムでは, HTML5 で実装された WebSocket というリアルタイム通信規格を利用するためのライブラリである, Socket.IO³ を用いることで, Web アプリケーションと https サーバである Node.js とのリアルタイム通信を実現する.

ThirdMind では MindMapBase インタフェースに対し, 表 3.1 にあげた 5 つのアクションを各ユーザに許可している. 各クライアントアプリケーションの MindMapBase インタフェースに対してこれらいずれかのアクションがおこった際には, サーバへとおこったアクションの種類とその内容が送信され, サーバが保持する MindMap のデータ構造の内容を書き換えたあとに, その MindMap を表現するデータを各クライアントへとブロードキャストすることで同期を実現する.

また WebSocket では, サーバ側からクライアント側への一方的なデータのプッシュ送信が可能であるため, ThirdMind からの新しいアイデアの提示も同様に, MindMap を表現するデータのブロードキャストをおこなえば可能である.

³<http://socket.io/>

3.3 ブレインストーミングにおける議論の状態検知

ThirdMind が検知するブレインストーミングの議論の状態は「議論中」、「停滞中」、「議論内容の硬直中」の3種類である。議論がおこなわれているかどうかの判別条件は、「参加者が頻繁に発話している」、また「MindMap インタフェースへ何らかの入力がある(議論の内容を反映させている)」場合である。また、「議論内容の硬直中」であることは、MindMap インタフェースのノードの編集箇所の偏りによって判別する。

3.3.1 マイクによる音量変化の監視

「議論中」、「停滞中」の状態検知については、サーバPCに内蔵するマイクに入力された音声データを判断要素の一つとする。この音声データからは「入力された時間」と、その時点での音声の「周波数成分」や「音量」といった情報が読み取れる。これらの情報を用いた議論の活性度を測る試みとして、RICOH 社が提案する「わいわいメーター」[10]を挙げる。わいわいメーターは、ブレインストーミングなどの定型的ではない会議や打ち合わせの場での議論の活性度を数値化するブラウザベースの測定システムである。Third Mind では、このわいわいメーターを参考に、会議における会話の盛り上がりレベルを0-100としてリアルタイムに測定するアルゴリズムを以下のように実装した。

- はじめにシステムが提示した短文をユーザに読んでもらい、発話時における音量レベルのキャリブレーションをおこない、閾値を設定する
- ユーザによる発声がおこるとき、その音量レベルがキャリブレーションによって求められた閾値をこえていた場合、システムはユーザによる発話がおこったとみなし、0-100の範囲で示される会話の盛り上がりレベルを増加させる
- 盛り上がりレベルが一定の閾値(本研究では50とした)をこえるとき、ブレインストーミングにおける議論の状態を「議論中」とみなす
- 発話の検出が一定時間おこなわれないとき、会話の盛り上がりレベルが徐々に減少していく
- 議論の状態が「議論中」のとき、盛り上がりレベルが一定の閾値を下回った瞬間に、ブレインストーミングにおける議論の状態を「停滞中」とみなす

音量レベルの計算

マイクに入力された音量レベルの測定には、HTML5 で利用可能な Web Audio API の Analyser ノードが提供する、`getByteFrequencyData()`⁴ メソッドを用いた。 `getByteFrequencyData()` メソッドを用いることで、マイクに入力された音声のスペクトル情報を配列として取得することができる。本研究では、音声データのスペクトルを等間隔に 1024 個サンプルし、0-255 の範囲で表される各周波数の信号レベルをもとに、Sohn [11] らが提案する以下の式 3.1 より算出される値 $G(t)$ を発話状態の検出に利用する。ある瞬間 t において入力された音声データから計算される $G(t)$ が、次節 3.3.1 で解説するキャリブレーションにより求めた閾値 η をこえていた場合 ($f(t) > \eta$) は、ユーザによって発話がおこったとみなす。

$$G(t) = \frac{1}{|F|} \sum_{f \in F} \left[\frac{|x(f, t)|^2}{\lambda(f)} - \log \frac{|x(f, t)|^2}{\lambda(f)} - 1 \right] \quad (3.1)$$

式 3.1 において、 $x(f, t)$ はある瞬間 t における周波数 f のレベル (0-255) を示す。また、キャリブレーションでは閾値 η のほかに、無音時 (ノイズ) の音量を推定する。このときの周波数 f におけるノイズレベルを $\lambda(f)$ と表現している。 $|F|$ は計算で利用する周波数の集合 F の要素数をあらわし、ここでは 1024 である。

発話検出のための閾値の計算

システムの利用開始時に、音声レベルの閾値のキャリブレーションを促すダイアログが表示される。「発話キャリブレーション開始」ボタンを押すことにより、図 3.3 のような短文がユーザに提示される。この短文を各ユーザに読んでもらい、そのときに検出した音声データの平均音量レベルを発話検出のための閾値 η とする。次に図 3.4 のような「無音キャリブレーション開始」ボタンが現れる。これを押下したあと、発話がない状態 (無音時) における音声データの平均音量レベルを計算し、ノイズレベル λ とする。

⁴<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/AnalyserNode/getByteFrequencyData>

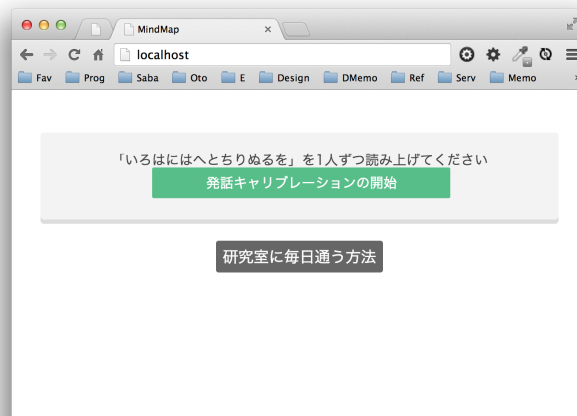


図 3.3: 発話キャリブレーション中の画面

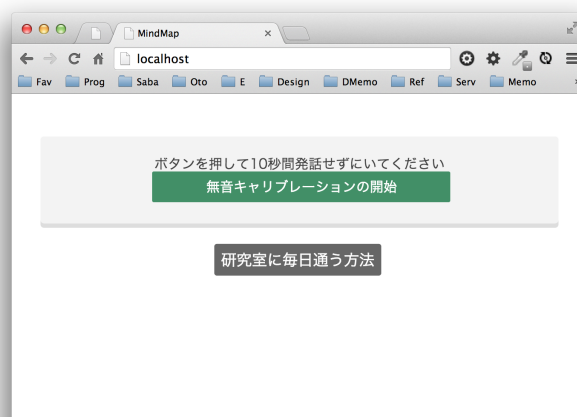


図 3.4: 無音キャリブレーション中の画面

会話の盛り上がりレベルの計算

本システムは、マイクによって入力された音声データを0.1秒間隔で監視する。ユーザの発話を検出するごとに増加し、発話がおこっていない時間には減少する値をミーティングスコア m とすると、盛り上がりレベル $f(m)$ は以下のように算出される。この計算式は、わいわいメーターが公開しているソースコードを参考に、それをThirdMind用にアレンジしたものである。

$$f(m) = \max(0, \min(42 * \log(m/60), 100))(0 \leq m) \quad (3.2)$$

ミーティングスコア m は 0.1 秒周期で以下の条件により更新される

- 5 秒以上発話が発出されていないとき、 m は 0.2 減少する
- 過去 1.0 秒の入力音量レベルを 0.1 秒刻みで参照し、閾値 η を越えている瞬間の数だけ m が増加する

3.3.2 インタフェースへの入力検出

本システムは、MindMapBase インタフェースに対する入力コンテキストを監視している。そのため、MindMapBase インタフェースに対してアイデアノードを同じ方向へ連続して伸ばしたり、特定のアイデアノードにおいてノードの追加や削除が頻発している状況を検知したとき、ブレインストーミングの議論の状態は「議論内容の硬直中」とする。本稿では、中心議題の直下にある子ノード以下のノードに対し、「ノードの追加」、「ノードの削除」、「ノードに設定されたアイデアの修正」いずれかのアクションが連続して 6 回おこった場合を「議論内容の硬直中」状態の判定スレッシュホールドとしている。

3.4 現在の議論の推定

ThirdMind は、MindMapBase インタフェースに追加されているアイデアのうち、現在どのアイデアについて議論がなされているのかを内部状態としてもっている。現在の議論として推定されるアイデアノードは、次にあげる 2 つの機構によって常に更新されていき、システムが議論の状態検知機能で「停滞中」の状態を検知した際、現在議論されているであろうアイデアを決定し、それに対する新しいアイデアを提案する。

3.4.1 インタフェースへの入力履歴の利用

ThirdMind では、「ノードの追加」、「ノードの削除」、「ノードに設定されたアイデアの修正」、「ノードの位置関係の変更」のうちいずれかのアクションの対象となった最新のアイデアノードに設定されたアイデアを、現在議論中のアイデアとする。

3.4.2 音声認識による会話内容の検出

ユーザの会話は常にサーバ PC のマイクに入力されている。ThirdMind は、ブレインストーミングにおける議論の状態検知をおこなう際、同時に Google Web Speech API [12] を用いることで音声認識をおこない、会話の内容を認識できる場合には、それを文字におこしている。このとき認識した語句が、MindMapBase インタフェースに追加されているアイデアの一部にマッチする場合、そのアイデアノードを現在議論中のアイデアとする。

3.5 現在の議論に対する連想語句の提案

3.5.1 Web 上の情報の活用

ThirdMind がユーザに対して提案するあらたなアイデアとしての連想語句は、Web 上の情報を探索して生成される。本システムは、引き出せる情報の多様性を考慮し、情報検索エンジンサービスの検索結果を利用することを考えた。しかし、Yahoo! 検索⁵ や Google 検索⁶、Bing⁷ といった日本国内の比較的規模の大きな情報検索エンジンサービスを利用しようとした際、以下にあげる問題により、限定的な利用に留める必要性が生じた。

- 情報検索のための API が公開されていない (Yahoo! 検索)
- API を公開している検索エンジンにおいては、許可されているリクエスト数が極端に少ない (Google 検索、Bing とともに 1 日 100 件程度)
- API を用いない方法として、ウェブクローラからの http リクエストによる検索結果の取得 (ウェブスクレイピング⁸) が技術的に可能である。しかし、一般的な情報検索エンジンサービスは、短期間における同一アクセス元からの多量のリクエストを検知し、それを遮断する負荷対策をとっている。

そのため本稿では、連想語句提案機能のプロトタイプとして、Web 上に存在する別のリソース (情報源、サービス) を利用する。具体的には、インターネット百科事典サービスの Wikipedia⁹ に掲載されている全内容と、ソーシャルネットワーキングサービス (SNS) に投稿されている情報を、サービスが提供する API を通じて活用する。

⁵<http://search.yahoo.co.jp/>

⁶<http://www.google.co.jp/>

⁷<http://www.bing.com/>

⁸<http://ja.wikipedia.org/wiki/ウェブスクレイピング>

⁹<http://ja.wikipedia.org/>

これらを選定した理由は以下の通りである。

- Wikipedia では全記事内容がデータベース形式で提供されており，同環境を本システムに展開可能である．そのため，今後 API を通じたリクエスト過多によるアクセスの遮断が生じたとしても，すぐに代替手段に切り替えることが可能である．
- SNS が提供する API のリクエスト数の上限は，本研究で調査した情報検索エンジンサービスの提示する制限よりも緩いものが存在し，システムを動作させるために十分なキャパシティをもっている．
- Wikipedia, SNS 両サービスとも，これを利用して参照できる情報の内容に流動性があり，多様なトピックに溢れている．(Web の資源を活用するメリットに準じている)

また，幸いなことに，Yahoo!検索においては，クローラによるウェブスクレイピングがある程度可能であることが確認できたため，上記の手段であげたりソースより連想語句が取得できない場合のみ，代替手段として限定的に利用する．

本章で紹介している各ウェブサービスに関する API や利用制限の情報は，2015/1/6 現在のものである．

3.5.2 連想語取得アルゴリズム

Wikipedia, SNS, 検索エンジンの各検索 API およびウェブスクレイピング手法を利用して，図 3.5 のフローチャートで示される順番で連想語句を取得し，ユーザに提案する．

各サービスの利用方法について，差違がある部分については以下の節で詳しく解説する．

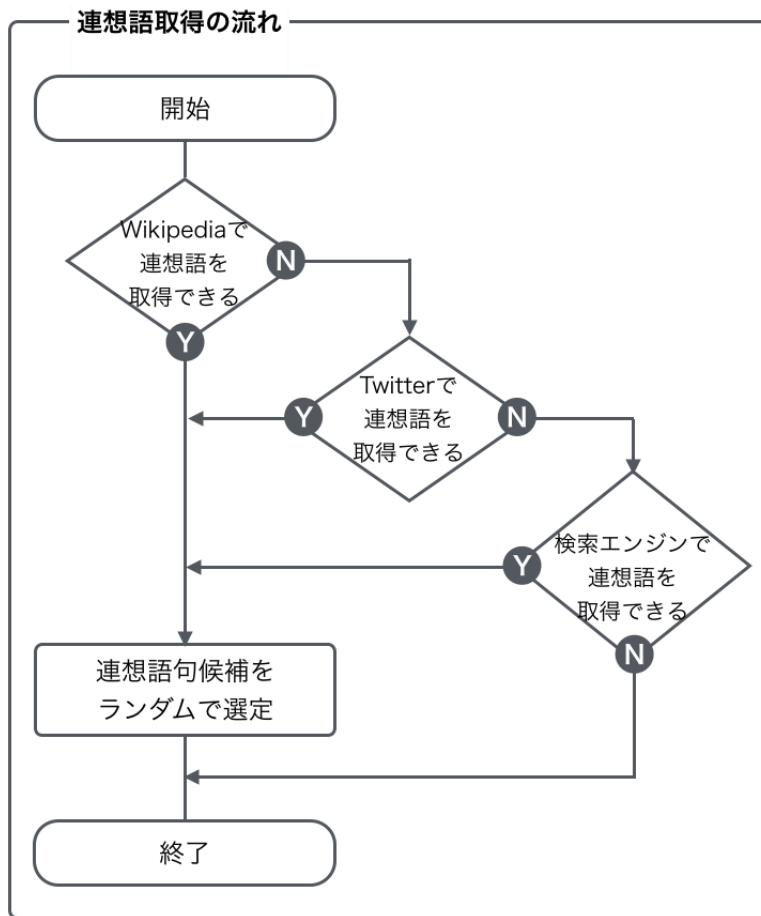


図 3.5: 連想語取得の手順

Wikipedia の利用

連想語取得アルゴリズムの中で、まずはじめに探索される情報源が Wikipedia である。Wikipedia の記事には、図 3.6 のように Wikipedia 内の別の記事へと繋がるリンクが多数存在する。このように記事本文内のリンクとしてあらわれる語句は、Wikipedia 内にそれを解説するための個別の記事が存在するということを示しており、意味のある語句とみなすことができる。本システムにおいては、記事のタイトルの語句に対して、記事内に出現するリンクの語句を連想語句と見なし、候補としてあげる。

Wikipedia では表のようなデータベースを内部にもっており、記事内に存在するリンクの語句は容易に取得できる。

マインドマップ

マインドマップはトニー・ブザン(Tony Buzan)が提唱した思考・発想法の一つ。頭の「マインドマップ」という呼称は、英国ThinkBuzan社が商標登録を管理している。



図 3.6: Wikipedia 記事内のリンク

SNS の利用

2つ目の情報源として、140文字以内の「ツイート」と称される短文を投稿できるマイクロブログサービス、Twitter¹⁰を利用した。Twitterは、国内における利用者が比較的多く[13]、個人の日常生活に関する呟きが大半であるものの、同サービスを通してさまざまな分野のニュースが共有されたり、物事に対する見解を含む投稿も多数確認できる。このような理由から、ThirdMindではSNSに投稿された情報を、Wikiediaであつかいきれないような情報として補足する形で利用している。Twitterは、ユーザによって投稿されたツイートの内容を検索するAPIを提供しており、利用制限は450回/15分である。Twitterを利用した連想語句取得手順を以下に示す。

- Twitter内をAPIを用いて(GET search/tweets¹¹)検索することで、上位10件の投稿内容を取得する
- 各投稿内容を形態素解析エンジンであるMecab¹²にて構文解析をおこない、名詞を抽出する
- 隣接している名詞は統合し、語句としてあつかう

¹⁰<https://twitter.com/>

¹¹<https://dev.twitter.com/rest/reference/get/search/tweets>

¹²<http://mecab.googlecode.com/svn/trunk/mecab/doc/>

- 取得した各名詞を連想語句の候補とする

検索エンジンの利用

Wikipedia および SNS の探索では連想語句の候補を取得できない場合、情報検索エンジンである Yahoo!検索を利用する。Yahoo!検索は検索のための API を提供していないため、ウェブスクレイピングで検索結果の情報を取得することになる。検索エンジンを利用した連想語句取得手順を以下に示す。

- Yahoo!検索に GET リクエストすることで検索結果を取得し、上位 10 件のウェブページの URL を取得する
- 各 URL に掲載されている文章内容を形態素解析エンジンである Mecab にて構文解析をおこない、名詞を抽出する
- 隣接している名詞は統合し、語句としてあつかう
- 取得した各名詞の出現頻度を調べ、上位 10 語句を連想語句候補とする

3.6 処理の流れ

システム利用開始から終了までのプログラムの処理の流れを図 3.7 のフローチャートにて示す。

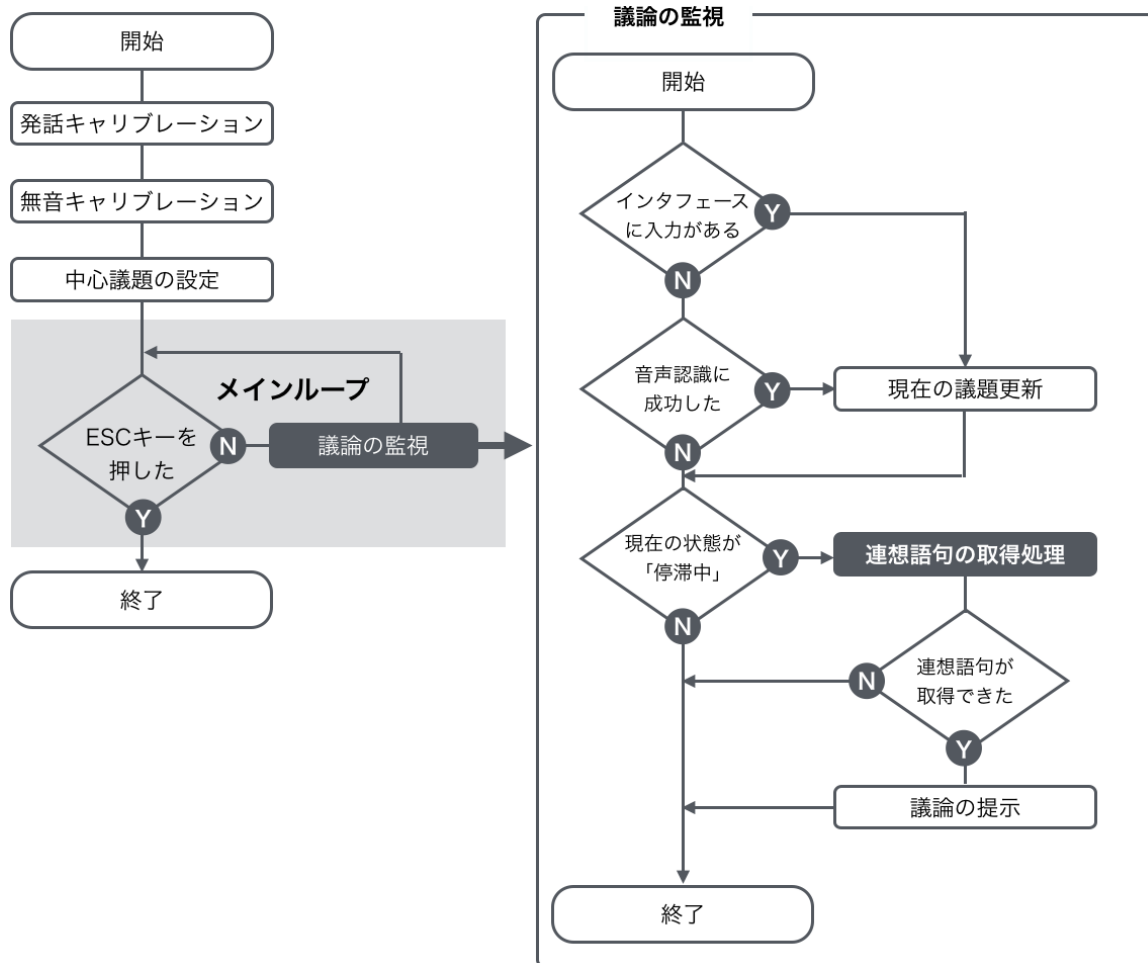


図 3.7: ThirdMind の処理の流れ

第4章 関連研究

4.1 アイデアの発散機会をあたえるブレインストーミング支援の研究

Wang [14] らは、ユーザによるブレインストーミングの話題に関連する画像を提示することでアイデアの発散を促進させるシステム、Idea Expander を開発した。Idea Expander はテキストチャットベースのインタフェースを提供し、ユーザはチャットを通じてブレインストーミングをおこなう。システムはチャットに入力された文字を分析し、ブレインストーミングであがった話題を推定する。このとき推定された話題に関連する画像を Google 画像検索¹ サービスを利用し取得することで、ユーザに提示する。Idea Expander は、ユーザによってインタフェースに入力されたテキスト情報から話題の内容を推定し、それに関する情報を提示する点が本研究で提案する ThirdMind と類似している。

Gartrell [15] らは、Integrating Wikipedia, Facebook, and Other Personal Online Context into Collaborative E-Brainstorming というブレインストーミング支援システムを提案した。これは Google 検索や、Wikipedia, Facebook² に存在する情報を引き出し、ユーザに提示することでアイデアの発散を狙うものである。システムのプロトタイプでは、Wikipedia のリンク情報をたどることで、ユーザが入力した語句に関連する語句を次々と提示し、ユーザに気付きをあたえるといった機能を提供している。本研究においても情報検索エンジンサービスや SNS, Wikipedia の情報を利用しているが、情報の利用方法や、その提示方法が異なっている。

4.2 議論の盛り上がりに着目したブレインストーミングに関する研究

坂井 [16] らは、議論の盛り上がりを反映したマインドマップ作成ツールを開発した。坂井らの研究では、マインドマップを作成する過程で議論が盛り上がった箇所を

¹<http://www.google.co.jp/imghp>

²<http://www.facebook.com/>

ユーザの声量や、テキストの入力量、議論の時間で判断し、それらの情報とともに記録する。議論終了後にその結果を反映させ、マインドマップの文字の大きさを盛り上がり具合に応じて変更することで、議論においてどの話題が盛り上がっていたのかを可視化する。本研究とは、マインドマップを利用する点や、議論における盛り上がりを音声で判断する点が類似しているが、ThirdMind ではシステムが議論の盛り上がりをリアルタイムに検出し、それをトリガーとして MindMapBase インタフェースにアイデアを追加するという部分で異なる。

第5章 結論

5.1 まとめ

本研究では、ブレインストーミングにおけるアイデアの発散をサポートするためのシステム、ThirdMind の提案をおこない、その開発をおこなった。ThirdMind は、ブレインストーミングの議事録やアイデアの整理技法として一般的に用いられる MindMap を拡張した、MindMapBase インタフェースをユーザへと提供する。システムは、この MindMapBase インタフェースに入力されたユーザのアイデアに便乗する形でその内容を書き換え、議論を発展させる。このとき、アイデアの発散をより効果的にサポートするため、ユーザによっておこなわれるブレインストーミングの状態を検知し、議論が停滞したり、話題が硬直したタイミングで新しいアイデアを提案する機能を実装した。また、ユーザのアイデアに便乗する際には、Web 上の膨大な知識を用いることで議論に新しい知識を呼び込むことを可能とした。本稿では、ThirdMind システムとともに、MindMapBase インタフェースを通じて話題を発散させていくブレインストーミング手法を、拡張 MindMap 法と名付けた。

5.2 今後の展望

ThirdMind システムでは、MindMap を拡張した MindMapBase インタフェースを中心にした議論方法を提案したが、KJ 法や、その他の発想技法との組み合わせも考えたい。また、今回のブレインストーミングの状態検知機能の実装において、その判断に用いるマイクがサーバに設置された 1 台のみであったが、各ユーザ分のマイクを個別に用意し、クロストーク [17] の検出などをおこない、より多くの議論の状態を検出することも検討している。更に、ThirdMind の有用性を示すため、拡張 MindMap 法での議論と通常の MindMap のみでおこなう議論を比較し、アイデアの量や質に差が確認できるか調査したい。

謝 辞

本研究をおこなうにあたり，指導教員である田中二郎先生，三末和男先生，志築文太郎先生，高橋伸先生には丁寧な御指導と御協力，適切な助言を頂きました。また，同研究室の皆様にも多くのご意見，ご指導を頂きながら，研究を進めることができました。本研究に関わる皆様には心より深く感謝申し上げます。ありがとうございました。

参考文献

- [1] P. C. Shih, D. H. Nguyen, S. H. Hirano, D. F. Redmiles and G. R. Hayes : “GroupMind: supporting idea generation through a collaborative mind-mapping tool” , GROUP ’09 Proceedings of the ACM 2009 international conference on Supporting group work, pp. 139-148, 2009.
- [2] MindMeister, <http://www.mindmeister.com/>.
- [3] A. Lucero, J.Keranen and H.Korhonen : “Collaborative use of mobile phones for brainstorming” , MobileHCI ’10 Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, pp. 337-340, 2010.
- [4] S. Hunter and P. Maes : “WordPlay: A Table-Top Interface for Collaborative Brainstorming and Decision Making” , ITS ’ 08. IEEE, 2008.
- [5] A. Clayphan, A. Collins, C. Ackad, B. Kummerfeld, J. Kay : “Firestorm: a brainstorming application for collaborative group work at tabletops” , ITS ’11 Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, pp.162-171 ,2011.
- [6] L. A. Liikkanen, K. Kuikkaniemi, P.Lievonen, and P.Ojala : “Next Step in Electronic Brainstorming: Collaborative Creativity with the Web” , CHI EA ’11 CHI ’11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 2029-2034, 2011.
- [7] A. Ivanov and D. Cyr : “The Concept Plot: a concept mapping visualization tool for asynchronous web-based brainstorming” , Information Visualization, pp. 185-191, 2006.
- [8] A. Clayphan, J. Kay and A. Weinberger : “ScriptStorm: scripting to enhance tabletop brainstorming” , Personal and Ubiquitous Computing table of contents archive Volume 18 Issue 6, pp. 1433-1453, 2014.

- [9] Young, L.F. : “Idea Processing Support: Definitions and Concepts”, chapter 8, pp. 243-268, Wm. C. Brown Publishers, 1998.
- [10] Ricoh Company, ltd, “ブレインストーミングの活性度を測る「わいわいメーター」 α 版を GitHub で公開”, http://www.ricoh.com/ja/info/2014/0701_1.html
- [11] J.Sohn : “A statistical model-based voice activity detection”, IEEE Signal Processing Letters, 6(1), pp. 13, 1999.
- [12] Web Speech API Specification - World Wide Web Consortium, <https://dvcs.w3.org/hg/speech-api/raw-file/tip/speechapi.html>.
- [13] 総務省 | 平成 26 年版 情報通信白書 | 全世界での ICT の急速な浸透, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h26/html/nc111000.html>.
- [14] H. Wang, D. Cosley and S. R. Fussell : “Idea Expander: Supporting Group Brainstorming with Conversationally Triggered Visual Thinking Stimuli.”, CSCW '10 Proceedings of the 2010 ACM conference on Computer supported cooperative work, pp. 103-106, 2010.
- [15] M. Gartrell, A. Beach, J. Ramanarayanankrishnaniyer, X. Xing, R. Han, Q. Lv, S. Mishra, and K. Seada : “Integrating wikipedia and facebook context into collaborative e-brainstorming.”, Technical Report CU-CS-1073-10, University of Colorado at Boulder, 2010.
- [16] 坂井 健太, 中村 健二, 小柳 滋 : “議論の盛り上がりを反映したマインドマップ作成ツールの開発”, 情報処理学会第 76 回全国大会, pp. 4.269-4.270, 2014.
- [17] 加藤 雄一, 大江 展弘, 陳 金姫, 平野 靖, 梶田 将司, 間瀬 健二 : “音声情報を用いた会議における雰囲気把握支援方法の検討”, 情報処理学会第 67 回全国大会, pp.4.151-4.152, 2005.