

令和 6 年度

修士論文

英語長文読解のための
意味構造の再構成型学習環境の
設計・開発と評価

指導教員 林 雄介 教授

広島大学大学院 博士課程前期

先進理工系科学研究科 情報科学プログラム

M223229

木田 大智

概要

読解の定義は様々あるが、その一つに認知心理学の分野では、読解とは読み手が文章に即して心的表象を構築することとされる。構築される心的表象には、逐語的表層、命題的テキストベース、状況モデルあるいはメンタルモデルの3つのレベルがあるとされている。逐語的表層は、個々の単語として逐語的に入力された情報である。この段階では、文章内の単語や文の形がそのまま心内に保持され、まだ意味内容についての表象は作成されていない。命題的テキストベースとは命題という意味をもつ表象の表現形式をまとめて、命題間同士を関連付け、ネットワークを構成したものである。そして、命題的テキストベースが個人の既有知識や推論から得られた情報と結びつけられたものが状況モデルである。特に、命題的テキストベースと状況モデルが読み手の理解に深く関わっているとされ、状況モデルの方がより深い理解であるとされている。しかし、状況モデルは文章に書かれていない事象をテキストベースと関連づけているため、文章内容を超えた全体的な状況についての表象を構築している。そのため、状況モデルは必ずしも、文章内容を再現した表象ではない。このようなくつかのレベルで文章を理解し、記憶を保持する行為が読解というものである。

読解という行為の中でも、文章を理解するという行為は頭で心的表層を構築する内的なものであるため、学習者がメタ認知することが難しく、教授者がその状況を把握し支援することも難しい。そのため、文章理解を支援する方法として、意味段落分け、要約の参照や作成といった表出手段が提案されており、なかでも要約活動やグラフの提示、概念マップの提示や作成の有効性が示唆されている。一方で、上記の手法は自由度が高く、自由に要約や概念マップを作成させる読解促進方法では、表現の仕方やまとめる方針が一意に定まらないことから、学習者が学習内容の構造について考えるという活動に対する支援として即時的に診断・フィードバックすることが困難である。

本研究では、命題的テキストベースレベルであるテキスト上の理解に着目し、心的表象を学習者が頭の中に意味構造を構築する練習ができるようにすると同時に、教師がその状況を把握することを支援することを目的とする。

そこで、本研究の提案手法として、キットビルド概念マップというものを利用して学習者に教師が作った命題的テキストベースに相当する意味構造の概念マップを再構成する演習を実現することで、学習者に意味構造に構築するための練習方法を明確にすると同時に、教師が概念マップの差分として学習者の理解の間違いを把握するための情報を提供するものである。キットビルド概念マップとは、教師が事前により正解となる概念マップを作成し、そのマップを分化した部品を使って学習者が概念マップを作成する手法であり、学習者が概念間の関係として命題を考えることを支援するとともに、その結果を容易に比較できることで診断が容易になるものである。そのため、即時的な診断・フィードバックが可能としている。また、概念マップを作成する際に意味構造を表す手段として、格文法という参考にする。そのため、仮説としてキットビルド概念マップで概念マップを正しく再構成することができたら、文章の意味構造を把握できるのではないかと検証する。

上記の提案手法が命題的テキストベースレベルであるテキスト上の理解に着目し、心的表象を学習者が頭の中に意味構造を構築する練習ができるようにすると同時に、教師がその状況を把握することを支援することを達成できているかを評価する。そのため、命題的テキストベースに相当する意味構造のキットビルド概念マップの作成状況が読解状況を表すものとなり得るかを調べる。評価方法としてベイジアンネットワークというベイズの定理を基に確率的な因果関係を記述するグラフィカルモデルであると同時に、予測にも使えるものを用いて、キットビルド概念マップと選択問題の解答の確率的な因果関係を分析した。

その結果、選択問題の解答とキットビルド概念マップの中の選択問題の正解に対応する部分の一部との間に因果関係があった。この結果は、意味構造が正しく捉えることができているのならば、すなわち、KB 概念マップを利用して、「各文章の意味構造を作成させる」ことが「読解において命題的テキストベースを頭の中に構築できるようにする」支援になる可能性を示唆できた。

目次

概要.....	2
図索引.....	6
表索引.....	7
1.章 はじめに.....	8
2.章 研究背景.....	9
2-1 読解とは.....	9
2-1-1 心的表層モデル.....	9
2-1-2 読解支援.....	10
2-1-3 読解支援の課題.....	10
2-2 研究目的.....	10
3.章 提案手法.....	11
3-1 先行研究.....	11
3-1-1 キットビルド概念マップ.....	11
3-1-1-1 概念マップ.....	11
3-1-1-2 キットビルド概念マップ.....	11
3-1-1-2-1 ゴールマップ作成過程.....	12
3-1-1-2-2 学習マップ作成過程.....	13
3-1-1-2-3 マップ診断過程.....	13
3-1-1-2-4 フィードバック過程.....	15
3-1-1-3 キットビルド概念マップシステム.....	15
3-1-2 格文法.....	15
3-1-2-1 格.....	15
3-1-2-2 格構造.....	16
4.章 提案手法の評価法.....	18
4-1 ベイジアンネットワーク.....	18
4-1-1 ベイズの定理.....	18
4-1-2 ベイジアンネットワーク.....	18
4-2 ベイジアンネットワークによる文章理解の評価.....	20
5.章 利用実験.....	21
5-1 実験内容.....	21
5-2 分析方法.....	24

5-3	結果	24
5-4	考察	29
6.章	まとめ・今後の展望.....	30
7.章	参考文献.....	31
8.章	謝辞.....	32

図索引

図 1 The frog ate the bug.の逐語表層・命題的テキストベース・状況モデル.....	9
図 2 概念マップの例.....	11
図 3 ゴールマップの例.....	12
図 4 キットの例.....	13
図 5 ゴールマップの例.....	13
図 6 比較マップの例.....	14
図 7 重畳マップの例.....	15
図 8 格構造の具体例.....	16
図 9 格文法に基づく英文の概念マップ.....	17
図 10 ペイジアンネットワーク.....	19
図 11CPT を表示したペイジアンネットワークの例.....	20
図 12 ByoLinks でペイジアンネットワークを利用した一例.....	21
図 13 実際に使用した文章.....	22
図 14 図 13 実際に使用した文章を概念マップで表したもの.....	22
図 15 図 14 の概念マップをキット化したもの.....	23
図 16 図 15 のキットを学習者が組み立てて FB された一例.....	23
図 17 2 日目の 1 回目の実験のフィードバック前のペイジアンネットワーク.....	25
図 18 3 日目の 1 回目の実験のフィードバック後のペイジアンネットワーク.....	25
図 19 2 日目の 2 回目の実験のフィードバック前のペイジアンネットワーク.....	26
図 20 2 日目の 2 回目の実験のフィードバック後のペイジアンネットワーク.....	26
図 21 3 日目の 1 回目の実験のフィードバック前のペイジアンネットワーク.....	27
図 22 3 日目の 1 回目の実験のフィードバック後のペイジアンネットワーク.....	28
図 23 3 日目の 2 回目の実験のフィードバック前のペイジアンネットワーク.....	28
図 24 3 日目の 2 回目の実験のフィードバック後のペイジアンネットワーク.....	29

表索引

表 1 条件付確率表(CPT).....	19
----------------------	----

1.章 はじめに

読解の定義は様々あるが、その一つに認知心理学の分野では、読解とは、読み手が文章に即して心的表象を構築することとされる。[1]構築される心的表象には、逐語的表層、命題的テキストベース、状況モデルあるいはメンタルモデルの3つのレベルがあるとされている。このようないくつかのレベルで文章を理解し、記憶を保持する行為が読解というものである。

読解という行為のなかでも文章理解には意味的な表象の把握である命題的テキストベースというものを構築することが重要であるが、文章理解という行為は内的な行為であり、学習者が構築することが難しく、享受者がその儒教を把握し、支援することは難しい。

そのため、本研究の目的は情報技術を使って、読解において命題的テキストベースに相当する意味構造を学習者が外化しながら操作して構築する練習ができるようにすると同時に、教師がその状況を参照し分析することを可能とする。

本研究では、キットビルド概念マップ[2]という即時的な診断・フィードバックが可能な手段として用いる。キットビルド概念マップでは、教師が事前により正解となる概念マップを作成し、そのマップを分化した部品を使って学習者が概念マップを作成する手法であり、学習者が概念間の関係として命題を考えることを支援するとともに、その結果を容易に比較できることで診断が容易になるものである。

本研究の提案手法として、キットビルド概念マップを利用して学習者に教師が作った命題的テキストベースに相当する意味構造の概念マップを再構成する演習を実現することで、学習者に意味構造の構築方法を明確にすると同時に、教師が概念マップの差分として学習者の読解状況を把握するための情報を提供する。

提案手法の評価方法としてベイジアンネットワーク[3]というベイズの定理[4]を基に確率的な因果関係を記述するグラフィカルモデルであると同時に、予測にも使えるものを用いて、キットビルド概念マップと選択問題の解答の確率的な因果関係を分析した。

その結果、選択問題の解答とキットビルド概念マップの中の選択問題の正解に対応する部分の一部との間位に因果関係があった。この結果は、意味構造が正しく捉えることができているのならば、すなわち、KB概念マップを利用して、「各文章の意味構造を作成させる」ことが「読解において命題的テキストベースを頭の中に構築できるようにする」支援になる可能性を示唆できた。

本論文では、まず2章で研究背景として支援の対象である読解について外概し、本研究で取り組む課題を述べる。第3章では、提案手法として、2章で述べた課題を解消するための手法を述べ、第4章では、第3章の提案手法を評価する。第5章では、その利用実験の結果を詳述する。

2.章 研究背景

本章では、本研究の支援対象である読解について、本研究と特に関連する概念や項目をもとに概観し、読解の課題と、その解消に必要な環境を要件として提示する。

2-1 読解とは

2-1-1 心的表層モデル

読解の定義は様々あるが、その一つに認知心理学の分野では、読解とは、読み手が文章に即して心的表象を構築することとされる。[1]構築される心的表象には、逐語的表層、命題的テキストベース、状況モデルあるいはメンタルモデルの3つのレベルがあるとされている。逐語的表層は、個々の単語として逐語的に入力された情報である。この段階では、文章内の単語や文の形がそのまま心内に保持され、まだ意味内容についての表象は作成されていない。命題的テキストベースとは命題という意味をもつ表象の表現形式をまとめて、命題間同士を関連付け、ネットワークを構成したものである。そして、命題的テキストベースが個人の既有知識や推論から得られた情報と結びつけられたものが状況モデルである。特に、命題的テキストベースと状況モデルが読み手の理解に深く関わっているとされ、状況モデルの方がより深い理解であるとされている。しかし、状況モデルは文章に書かれていない事象をテキストベースと関連づけているため、文章内容を超えた全体的な状況についての表象を構築している。そのため、状況モデルは必ずしも、文章内容を再現した表象ではない。このようないくつかのレベルで①文章を理解し、②記憶を保持する行為が読解というものである。

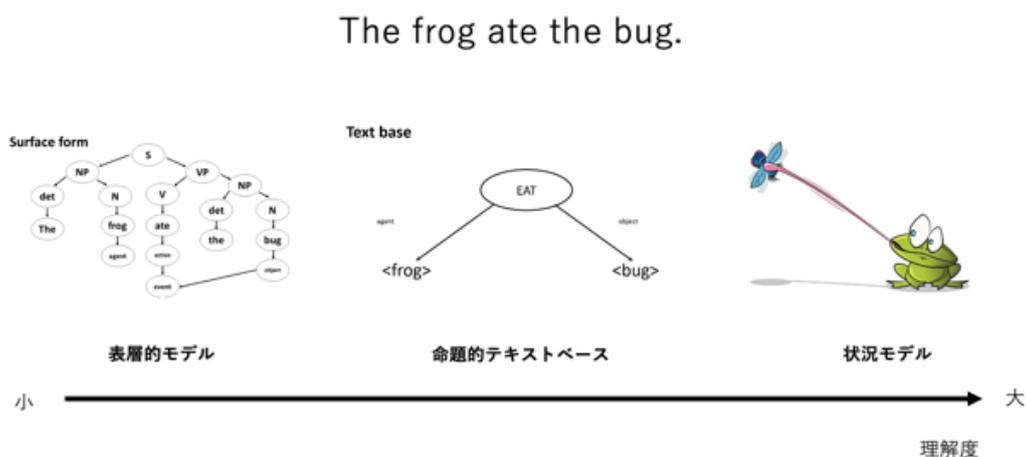


図 1 The frog ate the bug.の逐語表層・命題的テキストベース・状況モデル

2-1-2 読解支援

読解という行為の中でも、文章を理解するという行為は頭で心的表層を構築する内的なものであるため、学習者がメタ認知することが難しく、教授者がその状況を把握し支援することも難しい。そのため、読解という行為を支援する手段として、下線引きや意味段落分け、要約の参照や作成といった手法が提案されており[6]、なかでも要約活動[7]やグラフの掲示[8]、概念マップの掲示や作成[9]の有効性が示唆されている。上記の手法は文章中の意味のまとまりを抽出し、様々な形で書き出すことである。[10]すなわち、表現を変化させることで命題の認識や命題間の関係付けをする命題的テキストベースレベルの心的表層の形成が目的として考えられる。具体的には、要約は文章中から学習者が大事だと考える文章の一部を抽出し、より端的な文へと変形させる。図表化や概念マップも同様に、文章中から学習者が大事だと考える文章の一部を抽出し、図や概念マップを構築する。

2-1-3 読解支援の課題

読解支援には上記で述べたように様々な手法が提案されているが、表現を変化させる活動は自由度が高く、自由に要約や概念マップを作成させる読解促進方法では、表現の仕方やまとめる方針が一意に定まらないこと、多くの教育現場では享受者に対して学習者が多数いることの2つの要因から、学習者が学習内容の構造について考えるという活動に対する支援として即時的に診断・フィードバックをすることが困難である。

2-2 研究目的

本研究の目的は上記の課題を解決し、情報技術を使って、読解において命題的テキストベースに相当する意味構造を学習者が外化しながら操作して構築する練習ができるようにすると同時に、教師がその状況を参照し分析することを可能とすることである。

3.章 提案手法

本章では,キットビルド概念マップ[2]を利用して学習者に教師が作った命題的テキストベースに相当する意味構造の概念マップ[5]を再構成する演習法を提案する.また,概念マップを作成する際に意味構造を表す手段として,格文法を参考にする.

3-1 先行研究

3-1-1 キットビルド概念マップ

3-1-1-1 概念マップ

概念マップとは,図2に示すような図的表現である.[11] 複数の概念とそれらの関係から構成される命題の集まりから意味構造を表しており,概念を表すものを「ノード」,概念間の関係を「リンク」,2つの「ノード」と1つの「リンク」で繋いでできる意味構造を「命題」と呼ぶ.また,学習者が概念マップを作成することで知識や理解の外化・整理活動としての学習効果と共に,学習者の理解を共有・診断可能にする上で,大きな意義を持つと確認されている. [12]

概念マップ作成過程は分節化過程と構造化過程の2つに分類される.分節化過程では教材などリソースから概念マップを構成する重要な部品であるノード(概念)と「リンク(関係)」を抽出する.構造化過程は分節化過程で抽出したノード(概念)・リンク(関係)を組み立て,概念マップを構成する.



図2 概念マップの例

3-1-1-2 キットビルド概念マップ

キットビルド概念マップとは概念マップを作成する方法の1種である.この方法では,まず教授者が事前に学習者に伝えたい知識や内容を抽出し,正解となるゴールマップと呼ばれる概念マップを作成しておく.次に,作成されたマップをその構成要素である「ノード」と「リンク」に分解

し、「キット」と呼ばれる部品として学習者に提供し、概念マップを作成させる。この方法は事前に分節化過程を教授者が行い、学習者に用意された「キット」を認識させ、組み立てさせることによって概念マップを作成させ、構造化を行わせている。分節化過程を教授者、構造化過程を学習者と2つの過程をそれぞれ異なる人が行っていることになるが、このことが概念マップ内の命題に対する学習効果に影響を及ぼさないことが先行研究により示されている.[12]

また、すべての学習者が同一のキットで概念マップを構築することになる。そのため教授者が用意したゴールマップと学習者が作成したマップ（学習者マップ）の差分を抽出することで自動診断が可能となり、その診断結果に基づいてフィードバックを実現することが可能である。そのため、複数の学習者を対象とする対面授業においても、形成的評価や評価に基づいた授業の改善の有効性が確認されている.[13]

1)ゴールマップ作成過程, 2)学習者マップ作成過程, 3)マップ診断過程, 4)フィードバック過程の4つの過程からキットビルド概念マップを用いたインタラクションは実行されている。以下、4つの過程を以下で詳細に説明する。

3-1-1-2-1 ゴールマップ作成過程

ゴールマップ作成過程では、教授者が学習者に伝えたい知識や内容を教材などのリソースから抽出し、学習目標となるゴールマップと呼ばれる概念マップを作成する。そして、作成されたゴールマップをその構成要素である「ノード」と「リンク」に分解し、学習者に提供されるものが「キット」となる。ゴールマップとゴールマップから作成されるキットの例をそれぞれ図3,4に示す。

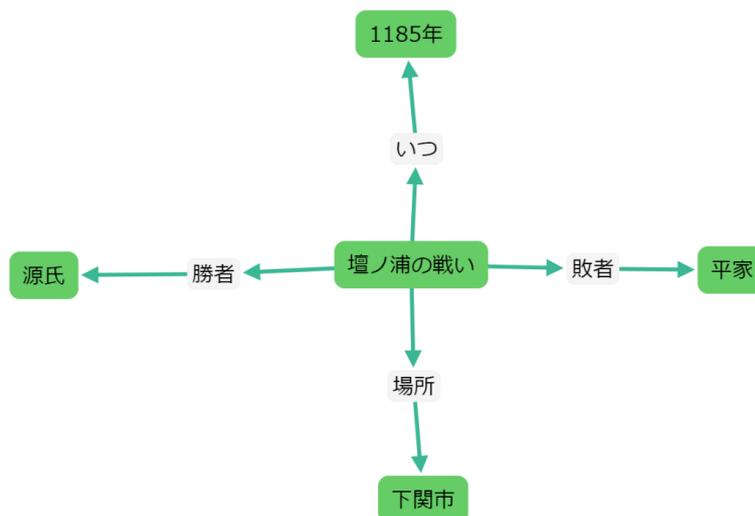


図 3 ゴールマップの例

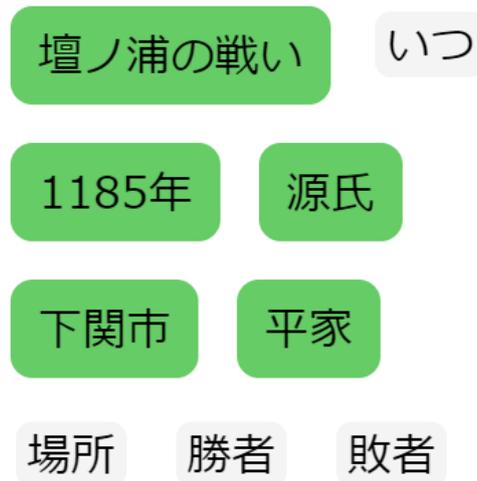


図 4 キットの例

3-1-1-2-2 学習マップ作成過程

学習者マップ作成過程では、ゴールマップ作成過程で用意された「キット」を学習者に提供し、その「キット」を用いて、概念マップを構築する。そうすることで学習者自身の理解状況を表現することが可能になる。図 3 のキットを基に学習者が作成した学習者マップの一例を図 5 に示す。

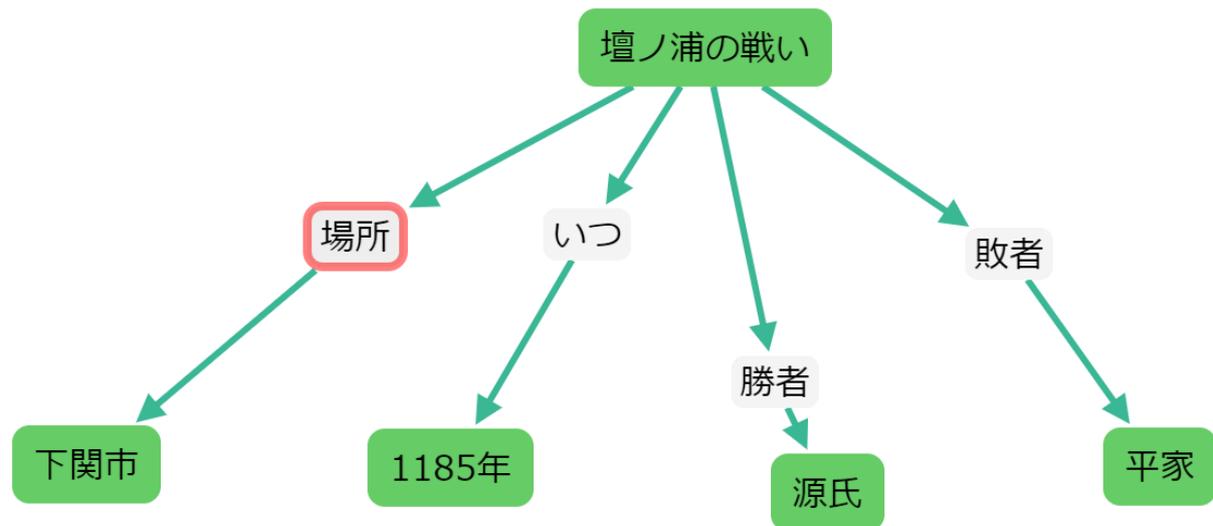


図 5 ゴールマップの例

3-1-1-2-3 マップ診断過程

学習者マップは、学習者がゴールマップ作成過程で用意された「キット」を基に概念マップを構築しているため、リンクによるノードの関連付けに着目することで学習者マップとゴールマップを比較して異なる点を抽出することが可能となる。ゴールマップと学習者マップを比較して異なる点を抽出して視覚化したマップを比較マップという。(図 6)

図 7 重畳マップの例

3-1-1-2-4 フィードバック過程

学習者全体における理解度を示す重畳度により、学習者と教授者の認識違いの部分を明確化することが出来る。これをフィードバックすることで、学習者の理解状況に合わせて、教授者は教材の内容を修正することや、追加授業によって補足説明を加えることが可能となる。また、学習者に対しては誤って繋げたリンクを提示することで、ゴールマップと異なる箇所の再検討を促すことも可能である。

3-1-1-3 キットビルド概念マップシステム

キットビルド概念マップを用いたインタラクションを実現する支援システムとしてキットビルド概念マップシステムが提案されている。上記のシステムは、①クライアントサイド② サーバサイド、③DBサーバの3種類の主体から構成されている。まず、クライアントサイドはJavaScript、次にサーバサイドはPHPで実装されており、DBサーバにおいてDBMSはMySQLを使用している。

クライアントサイドは「キットビルドマップエディタ」と「キットビルドマップアナライザ」の2種類から構成されている。キットビルドマップエディタは主に学習者マップ構築の支援を行う。サーバから教授者が作成した「キット」のダウンロードを行い、学習者はその「キット」から自分の理解状況を示したマップを表現し、それを学習者マップとしてサーバにアップロードして保存する。キットビルドマップアナライザは主に教授者によって学習者がキットビルドマップエディタで作成したマップを分析・診断を補助するためのツールである。また、本ツールでは上記で述べた重畳マップや比較マップを作成する。そして、この分析ツールを利用することで学習者の理解に一致したフィードバックを行い、教授者の行った授業に対する学習者全体の理解状況を表現することで、教授者・学習者間のインタラクションを実現している。

3-1-2 格文法

格文法は1968年にチャールズ・フィルモアによって提唱された言語理論である。[14] また、語と語の間の意味的関係をどのように表すか、また文の意味的構造を動詞を中心とした格構造によって表現している。

以下の項では単語間の意味的な関係を表現する「格」と動詞を中心とした意味的構造である「格構造」を紹介する。

3-1-2-1 格

格とは単語間の意味的な関係を表しており、特に動詞と名詞の間の関係をさしている。格は表層格と深層格の2種類ある。

表層格は構造木から表層的に決まる格である。また、個々の言語によって表示方法が異なるものである。例えば、英語では目的格、所有格などの語順や前置詞で表現される。また、日本語では格助詞である。

深層格は表層だけでは決まらない、真の格であり、動作主・場所・道具のような述部に伴って、意味的な役割を与えるものである。深層格は以下の8種類である。

1. 動作主格：動作を引き起こす対象
2. 対象格：動作が作用する対象
3. 場所格：動作が起こる場所や位置
4. 時間格：動作が起こる時間を表すもの
5. 厳選格：移動における起点
6. 目標格：移動における終点
7. 道具格：動作を起こせるもの
8. 経験者格：心理現象などの体験

3-1-2-2 格構造

格構造とは、文の意味的な構造を動詞、名詞、深層格という関係の集合として捕らえたものである。図8に格構造の関係の一例を示す。この文章内での「Daichi」は動作主格であり、「the bat」は対象格である。また、フィルモアの提唱した格文法は動詞を中心とした格構造によって表現している。また、深層格は1つの名詞句において1つの格のみであり、1つの短文には同じ核が重複することはできない制約がある。

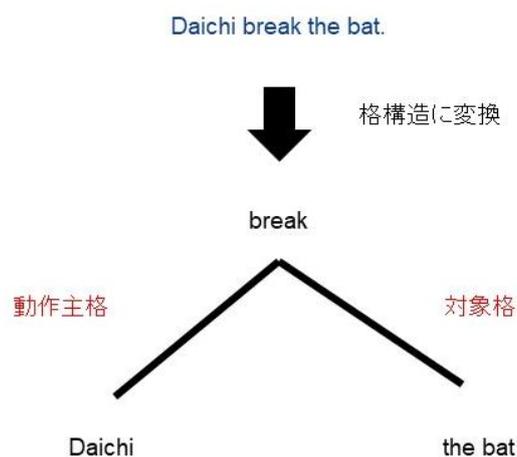


図 8 格構造の具体例

3-2 提案手法

本句では, KB 概念マップを利用して学習者に教師が作った命題的テキストベースに相当する意味構造の概念マップを再構成する演習を実現することで, 学習者に意味構造に構築するための練習方法を明確にすると同時に, 教師が概念マップの差分として学習者の理解の間違いを把握するための情報を提供するものである. また, 概念マップを作成する際に意味構造を表す手段として, 格文法を参考にする.

3-2-1 命題的テキストベースに相当する意味構造を再構成する演習方法の提案

本研究では, 英語文章の読解支援として格文法をベースとしたキットビルド概念マップを用意し, 命題的テキストベースに相当する意味構造の概念マップを再構成する演習を実現する. 格文法とは, 先述したように動詞, 形容詞, 名詞などの述語と深層格 (deep cases; 動作主・場所・道具のような述部に伴って, 役割的な意味を加えるもの) との組み合わせとして文の内容を記述するものである. 図 9 に格文法に基づいた概念マップの一例を示す. 今回, 緑のノードを動詞, 青のノードを名詞, リンクを格の種類と表している. 上部にある文について, 下の図は動詞を中心に命題を構成した概念マップである. ここでは「He」は「Sam」の代名詞であり, 今回は格文法をベースとして概念マップを作成しているので「(2)agent」は「Sam」と繋がっている. キットビルド概念マップでは, この概念マップを分解してキットとして学習者に提供する. 概念マップの分解方法として, キットビルド概念マップでは基本的にノードとリンクを全て分離するが, 本研究では, 図 8 のように学習者に動詞と名詞と関係を意識させるために, リンクは完全に分離せずに動詞のノードに接続したままにしている. つまり, 学習者はリンクと名詞のノードを繋げることにより, この英語文章の理解状況を表現することができる.



図 9 格文法に基づく英文の概念マップ

4.章 提案手法の評価法

第3章で述べた提案手法が命題的テキストベースレベルであるテキスト上の理解に着目し、心的表象を学習者が頭の中に意味構造を構築する練習ができるようにすると同時に、教師がその状況を把握することを支援することを達成できているかを評価する。そのため、命題的テキストベースに相当する意味構造のキットビルド概念マップの作成状況が読解状況を表すものとなり得るかを調べる。本研究ではベイジアンネットワーク[3]というベイズの定理[4]を基に確率的な因果関係を記述するグラフィカルモデルであると同時に、予測にも使えるものを用いて、キットビルド概念マップと選択問題の解答の確率的な因果関係を分析した。

4-1 ベイジアンネットワーク

本節では、ベイズの定理を基に確率的な因果関係を推論することができるベイズの定理とベイズの定理を基にして記述するグラフィカルモデルの一種であるベイジアンネットワークを紹介する。

4-1-1 ベイズの定理

ベイズの定理は以下の(式1)のことである。

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)} \quad (\text{式 1})$$

ベイズの定理[4]は別名事後確率とも呼ばれており、ある事象に関連する可能性のある条件についての事前の知識に基づいて、その事象の確率的な依存を定量的に表現するものである。右辺の $P(A|B)$ とは事象 B が起こったことがわかる場合、事象 A が起こる確率条件付確率である。つまり、事象 B は原因、事象 A は結果であることがわかる。ベイズの定理が求めているのは $P(B|A)$ であり、これは結果から原因の確率を求めることに相当する。つまり、ベイズの定理では原因と結果の関係を逆転させて、結果から原因を推論することが可能である。

4-1-2 ベイジアンネットワーク

ベイジアンネットワーク[3]とは、複数の事象間の確率的な依存関係をベイズの定理を基に用いて、グラフ構造で表現するモデリング手法の1種である。ベイズの定理は2つの事象についての確率的な依存関係を表現しているが、ベイジアンネットワークは確率的に依存している複数の事象のネットワークへと拡張したものである。また、ベイジアンネットワークでは確率変数 X_i , X_j の間の条件付依存性を $X_i \rightarrow X_j$ と表現し、この場合では、リンクの先である X_j を子ノード、リンクの元である X_i を親ノードという。親ノードが複数あるとき子ノード X_j , 親ノードの集合を $P_a(X_j) = \{X_1, \dots, X_i\}$ と表すことにする。この場合の変数 X_j と $P_a(X_j)$ の間の依存関係は条件付き確率、

$$P(X_j|P_a(X_j)) \text{ (式 2)}$$

で定義される。また、 n 個の確率変数 X_1, \dots, X_j があるとき、それぞれを子ノードとして同様に考えると、すべての確率変数の同時確率分布は式(2)のように表現することができる。

$$P(X_1, \dots, X_n) = \prod_{j=1}^n P(X_j|P_a(X_j)) \text{ (式 3)}$$

このように、各子ノードとその親ノードの間をリンクによって繋げて構成することによって変数間の確率的な依存関係をモデル化することができる。(図 10) 離散変数の場合、子ノードの親ノードに関する条件付き確率は全ての状態における条件付き確率の離散的な表、条件付確率表(Conditional Probability Table(CPT))(表 1)によって表す。

図 11 には CPT を表示したベイジアンネットワークの例を示す。このベイジアンネットワークは A,B,C,D の 4 イベントで構成されている。

このように人間が理解しやすい表現形式のため、直観的・間接的に影響を与える要因が把握でき、新たな気付く可能性もある。

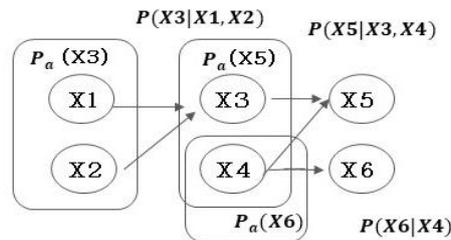


図 10 ベイジアンネットワーク

表 1 条件付確率表(CPT)

	$P_a(X_j) = x_1$...	$P_a(X_j) = x_m$
$X_j = y_1$	$p(y_1 P_a(X_j) = x_1)$...	$p(y_1 P_a(X_j) = x_m)$
⋮	⋮	⋮	⋮
$X_j = y_n$	$p(y_n P_a(X_j) = x_1)$...	$p(y_n P_a(X_j) = x_m)$

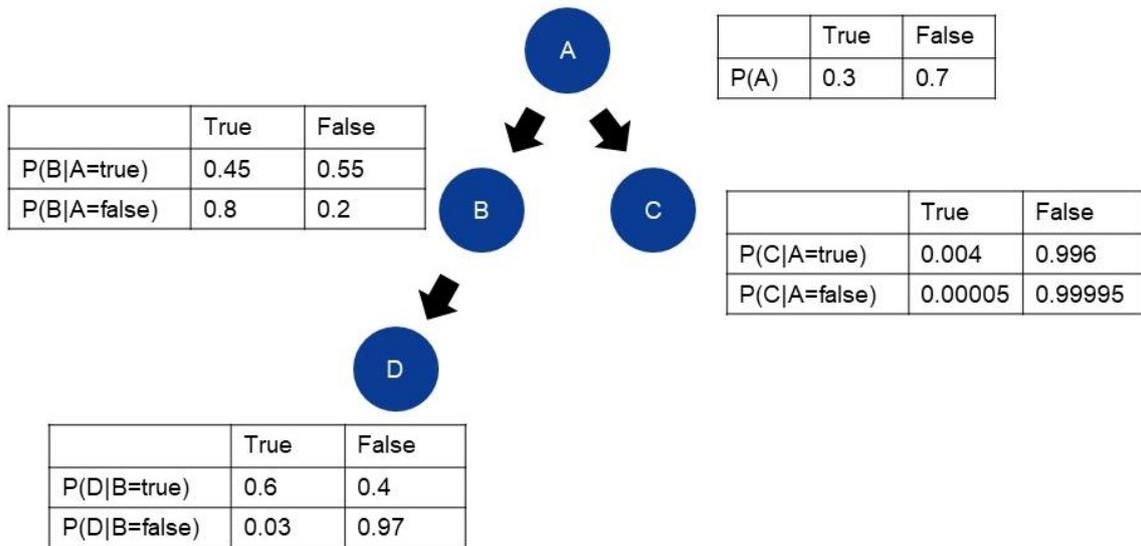


図 11CPT を表示したベイジアンネットワークの例

4-2 ベイジアンネットワークによる文章理解の評価

本研究では、ベイジアンネットワークを使って、解確認問題への解答と本文の理解の対応を検出する。英検や TOEIC など出題される典型的な理解度確認問題は、選択肢として提示される文の中で本文の内容と一致するものを解答するものである。本研究では、選択肢の選択に加えて、その根拠となる文を選択させる。この理解度確認問題の解答データとキットビルド概念マップの関係をベイジアンネットワークで算出する。しかし、今回のベイジアンネットワークを作成するときに、結果から原因を推定したいので、理解度確認問題の解答データと根拠となる文を選択したデータをキットビルド概念マップの各リンクを繋げられているかどうかのデータの親ノードにはならないように設定した。また、理解度確認問題の解答データを根拠となる文を選択したデータの親ノードにならないようにもした。さらに、ベイジアンネットワークの作成については BayoLinkS [15]を用いた。

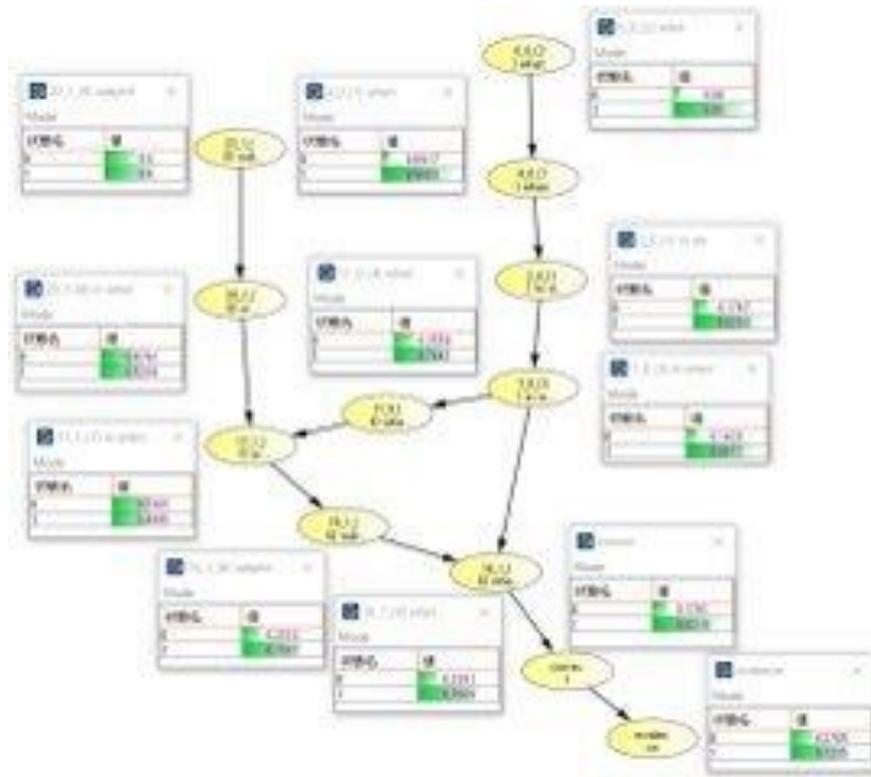


図 12 ByoLinks でページネットワークを利用した一例

5.章 利用実験

本章では、キットビルド概念マップで概念マップを正しく再構成することができれば、文章の意味構造を把握できるのではないかという仮説を検証するため、第2章で述べた提案手法と第3章で述べた評価方法を用いて、実験を行った。この章では、実験の1)内容,2)分析方法,3)結果,4)考察を紹介していく。

5-1 実験内容

2.2節の提案手法を英語検定の長文読解問題に適用して、高校3年生を対象とした4日間実験を行った。被験者は、1日目18人,2日目17人,3日目17人,4日目14人であり、実験当日に体調不良などの理由で人数にばらつきがある。また、英語検定準2級または2級の過去問題を利用した。

1 日目にプレテストとして演習には利用しない英語検定2級および準2級の問題を解いて、キットビルド概念マップの説明をした。

2 日目,3 日目の演習の流れは以下の①～③の通りである。

① 問題1問毎に対応する段落を読んで、選択肢を選ぶとともに根拠となる文を選び解答してもらう。(複数可)(10min)

Bibliotherapy (2)

One discovery has been that any kind of reading can be good for people with stress.

David Lewis, a psychologist in the United Kingdom, tested the effect of reading on the body. He found that reading silently for six minutes slowed down the rate at which the heart beats and helped the muscles relax. Indeed, Lewis learned that reading can reduce stress levels by more than 60%. This is much more effective than other methods of reducing stress, such as listening.

What did David Lewis find about reading silently?

- A. It can greatly reduce how much stress people feel.
- B. It can increase the speed at which the heart beats.
- C. It should be done six minutes after physical exercise.
- D. It has fewer benefits than listening to music.

図 13 実際に使用した文章

- ② 提案手法のキットビルド概念マップのキットをフィードバックなしで被験者に作成して、2 回目の解答をしてもらう。(15min)

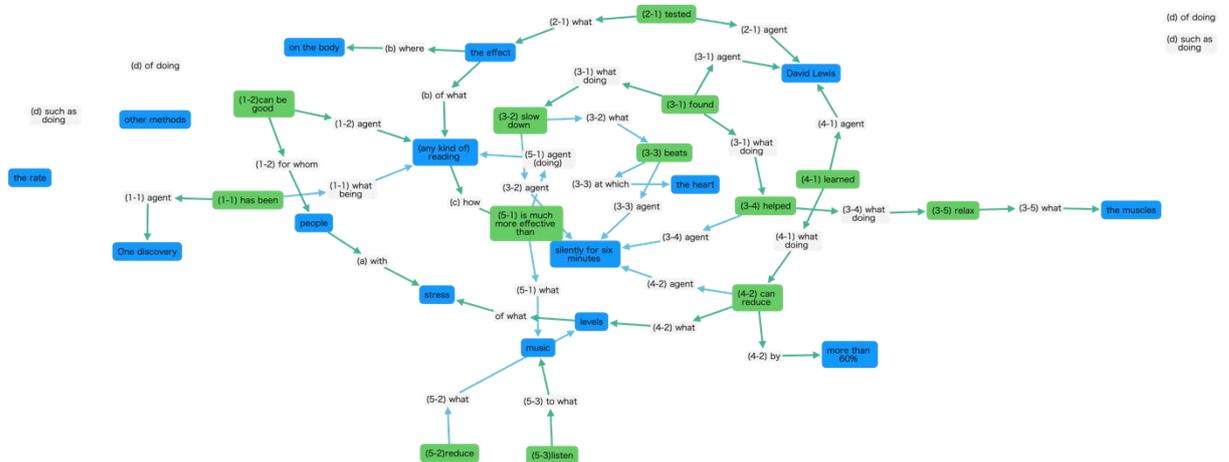


図 14 図 13 実際に使用した文章を概念マップで表したもの

4 日目はポストテストとしてプレテストの英検 2 級の問題だけ解答とキットビルド概念マップの作成を行った。

5-2 分析方法

3.2 節の評価方法を用いて、キットビルド概念マップで概念マップを正しく再構成することができたら、文章の意味構造を把握できるのではないかという仮説を検証する。具体的には、正解の根拠となっている文を適切に読めている、すなわち、その文に対応する概念マップの命題を正しく作れていて、さらにその文を根拠に選んでいれば、正しい選択肢を選ぶことができ、根拠も正しく選んでいるという仮説を検証する。また、キットビルド概念マップのフィードバックする前後のデータを用いて、フィードバック前後でのマップが変化すのかを確認した。

5-3 結果

2 日目、3 日目の演習のデータは図 12,13,14,15,16,17,18,19 にまとめたものであり、この図はゴールマップにベイジアンネットワークで得たデータを記入したものである。今回概念マップの色がついた部分が正誤問題の根拠となる文章である。また、赤と黒の矢印があるが赤の矢印は親が正解の根拠となる文の部分であり、黒の矢印はそれ以外である。

2 日目の 1 回目のテストのデータは図 12,13,, 2 日目の 2 回目のテストのデータは図 14,15, 3 日目の 1 回目のテストのデータは図 16,17,3 日目の 2 回目のテストのデータは図 18,19 である、そして、図 12,14,16,18 のデータはキットビルド概念マップのフィードバック前のデータであり、図 13,15,17,19 はキットビルド概念マップのフィードバック後のデータである。

2 日目の 1 回目のキットビルド概念マップのフィードバック前のテストのデータを表しているのは図 12 であり、は正答率が 56%であった。また、根拠だと考える文を選ぶ割合は 3 分目が 40%の人が選択し、4 文目を 55%の人が回答していた。2 日目の 1 回目のキットビルド概念マップのフィードバック後のテストのデータを表しているのは図 13 であり、は正答率が 60%であった。また、根拠だと考える文を選ぶ割合は 3 分目が 45%の人が選択し、4 文目を 59%の人が回答していた。

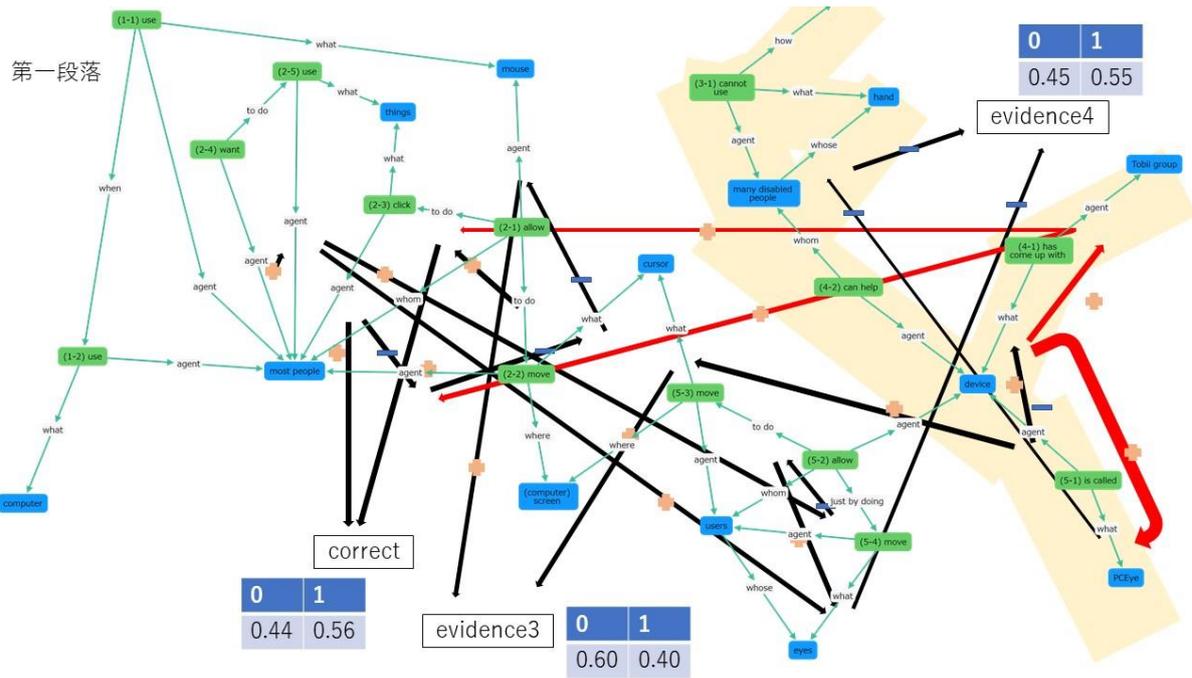


図 172 日目の 1 回目の実験のフィードバック前のベイジアンネットワーク

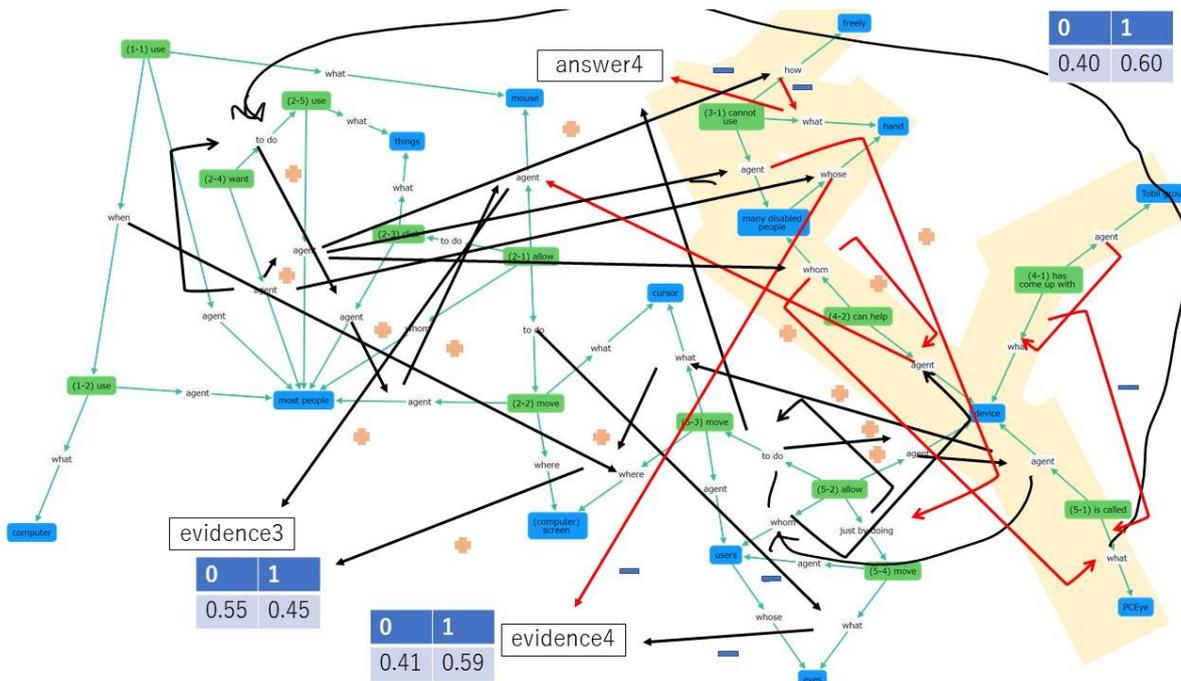


図 183 日目の 1 回目の実験のフィードバック後のベイジアンネットワーク

2 日目の 2 回目のキットビルド概念マップのフィードバック前のテストのデータを表しているのは図 14 であり、は正答率が 76%であった。また、根拠だと考える文を選ぶ割合は 5 文目が 38%の人が選択し、6 文目を 81%の人が回答していた。2 日目の 2 回目のキットビルド概念マップのフィードバック後のテストのデータを表しているのは図 15 であり、は正答率が 86%であった。また、

根拠だと考える文を選ぶ割合は 5 文目が 41%の人が選択し,6 文目を 76%の人が回答していた。

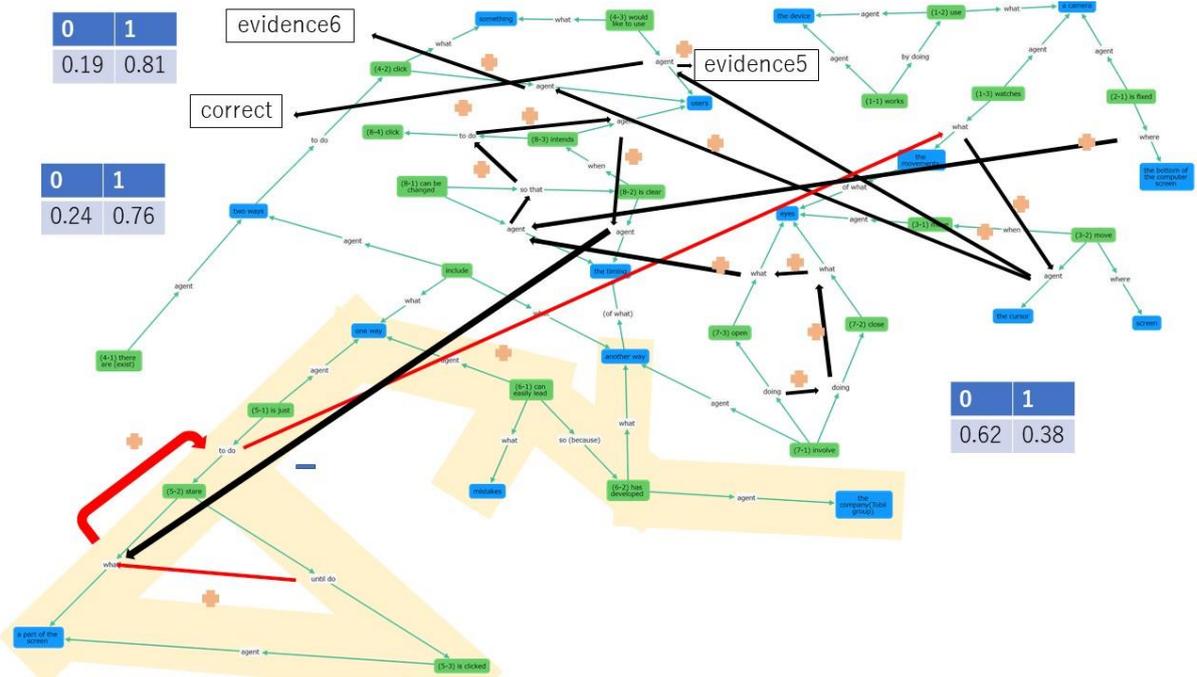


図 19 2 日目の 2 回目の実験のフィードバック前のベイジアンネットワーク

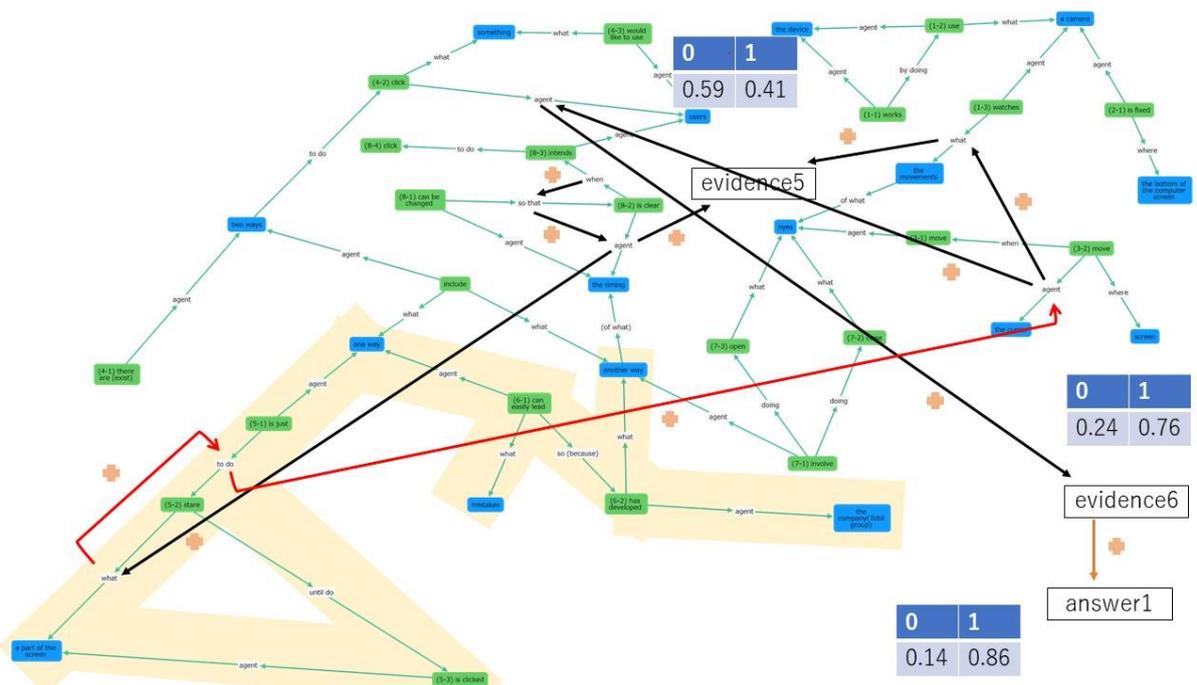


図 20 2 日目の 2 回目の実験のフィードバック後のベイジアンネットワーク

3 日目の 1 回目のキットビルド概念マップのフィードバック前のテストのデータを表しているのは図 16 であり,は正答率が 100%であった。また,根拠だと考える文を選ぶ割合は 2 文目が 86%

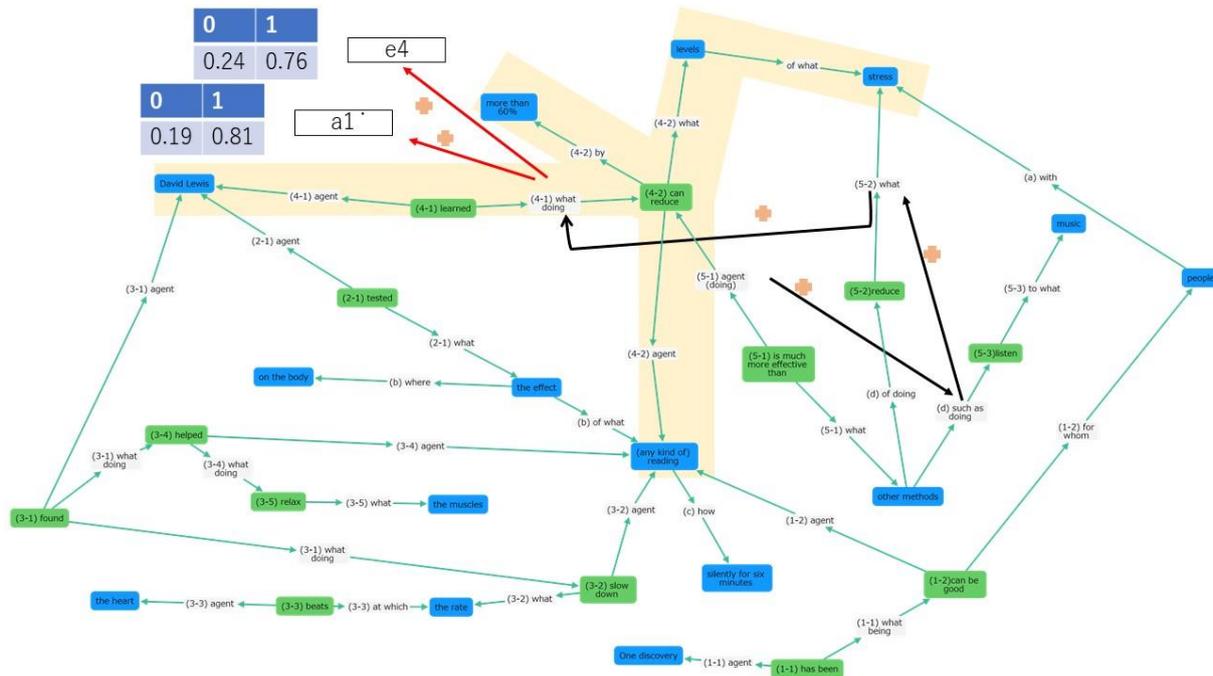


図 24 3 日目の 2 回目の実験のフィードバック後のベイジアンネットワーク

2 日目と 3 日目比べて, 2 日目はこの仮説に合致するデータは出ず, 3 日目の演習では合致するデータが出た, その一つを図 19 に示す. そしてこの中の命題の一つにおいて, その 命題が正しく作れていた場合に, 正しい選択肢を選んでいる条件付き確率が 81%、根拠を正しく選択できている条件付き確率が 76%であった. よって, この文の中でこの命題に関する部分が理解できているかが, このクラスでは重要だったことが分かる.

5-4 考察

2 日目の演習は概念マップ作成で特に指示は無かったが, 3 日目の演習では, 根拠として選んだところから組み立てるように指示した. そうすることにより, 2 日目は解答者が理解しやすい長文の初め的一部分と正解に関係性があるのではと推測した. また, 3 日目の条件下でキットを作ることにより, 教師が生徒に対して要点を絞ることができ効率的に具体的な指導方針を分析する可能性がある.

6.章 まとめ・今後の展望

本研究では, KB 概念マップを利用して学習者に教師が作った命題的テキストベースに相当する意味構造の概念マップを再構成する演習を提案した. ベイジアンネットワークというベイズの定理を基に確率的な因果関係を記述するグラフィカルモデルであると同時に, 予測にも使えるものを用いて, キットビルド概念マップと選択問題の解答の確率的な因果関係を分析した.

その結果, 実現選択問題の解答とキットビルド概念マップの中の選択問題の正解に対応する部分の一部との間位に因果関係があった. この結果は, 意味構造が正しく捉えることができているのならば, すなわち, KB 概念マップを利用して, 「各文章の意味構造を作成させる」ことが「読解において命題的テキストベースを頭の中に構築できるようにする」支援になる可能性を示唆できた.

7.章 参考文献

- [1] Kintsch, W.: *Comprehension : A paradigm for cognition*. Cambridge University Press (1998).
- [2] Hirashima, T., Yamasaki, K., Fukuda, H. et al.: “Framework of Kit-Build Concept Map for Automatic Diagnosis and Its Preliminary Use”, *Research and Practice in Technology Enhanced Learning, APSCE*, Vol. 10, No. 1, pp. 1-21 (2015)
- [3] 本村 陽一, 佐藤 泰介, ベイジアンネットワーク : 不確定性のモデリング技術, *人工知能*, 15(4), 575-582 (2000)
- [4] 谷口 忠大, イラストで学ぶ人工知能概論改訂版 2 版, pp.93-95, 講談社
- [5] Fletcher. Levels of representation in memory for discourse. In M.A. Gernsbacher (ed.), *Handbook of Psycholinguistics*. 589-607. San Diego: Academic Press.
- [6] 犬塚 美輪, 説明文における読解法略の構造, *教育心理学研究*, vol.50, No.2, pp.152-162(2002)
- [7] Hagaman, J. L. and Reid, R.,: The Effects of the Paraphrasing Strategy on the Reading Comprehension of Middle School Students at Risk for Failure in Reading, *Remedial and Special Education*, Vol.29, No. No.4, pp.222-234(2008)
- [8] Kintsch, W.: *Text Comprehension, Memory, and Learning*, *The American Psychologist*, vol. 49, No. 4, pp.294-303(1994)
- [9] Saeedi, A., Saif, A.A., Asadzadeh, H. et al. :Comparing Effectiveness of Methods of Presentation and Providing Concept Maps on Reading Comprehension, *Journal of School Psychology*, vol. 2, No3, pp.125-143(2013)
- [10] 井川麻里, 山西博之, 説明文読解を補助する「かく」活動-要約作成法と概念地図作成法の指導/応用可能性, *中国地区英語教育学会研究紀要*, Vol.35, pp.107-116(2005)
- [11] Novak, J.D., Canas, A.J., “The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them” Technical Report IHMC CmapTools (2006)
- [12] 山口悦司, 稲垣成哲, 福井真由美, 舟生日出男: “コンセプトマップ: “理科教育における研究動向とその現代的意義”, *理科教育学研究*, 43(1), pp. 29-51(2002)
- [13] Tsukasa Hirashima, Kazuya Yamasaki, Hiroyuki Fukuda, Hideo Funaoi: “Framework of Kit-Build Concept Map for Automatic Diagnosis and Its Preliminary Use”, *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 2015, 10:17(2015)
- [14] 井東廉介, C.Fillmore の 格文法 一日本語「格」 との文法論的関連一, *県農業短期大学 研究報告 (第 21 号)*, 1991
- [15] 株式会社 NTTT テータ数理システム, BayoLinkS, <https://www.msi.co.jp/bayolink/> (参照 2022-02-08)
- [16] 公益財団法人 日本英語検定協会, 検 (実用英語技能検定) , <https://www.eiken.or.jp/eiken/> (参照 2022-02-

8.章 謝辞

本研究を行うにあたり，ご指導して頂いた平嶋宗教授，林雄介教授に心から感謝いたします。
また，多くの意見や助言，協力を頂いた，学習工学研究室の皆様方に心から感謝いたします。