第 1 章 はじめに **2**

第 1 節　研究背景 2
第 2 節　意味ネットワーク 2

第 2 章 システム設計 **4**

第 1 節　意味ネットワークを用いたドリルシステム 4
第 2 節　意味ネットワークを用いた教材構造 4
第 3 節　問題の生成 5
第 4 節　出題制御 7
2-4-1　動的出題制御 7
2-4-2　推論機能 7

第 3 章 システム開発 **9**

第 1 節　システム概要 9
第 2 節　開発環境 14
第 3 節　データベース 14
第 4 節　問題の生成 15
第 5 節　出題制御 18
3-5-1　出題ノードの決定 18
3-5-2　出題 18
3-5-3　正誤情報 19
3-5-4　正誤用推論機能 19
3-5-5　終了条件 19
第 6 節　ドリル学習の流れ 20
3-6-1　ドリル選択 20
3-6-2　出題 21
3-6-3　出題終了画面 23

第 4 章 評価 **24**

第 1 節　評価方法 24
第 2 節　実験手順 24
第 3 節　実験材料 24
第 4 節　評価結果 25
4-4-1　アンケート項目① 25
4-4-2　アンケート項目② 25
4-4-3　アンケート項目③ 26

4-4-4　アンケート結果④ 26
第 5 節　評価結果からの考察 26
第 5 章 まとめ 28

第1章 はじめに

第1節 研究背景

現在コンピュータを用いて学習を行うドリルシステムのアルゴリズムにはいくつかの種類が存在する．代表的なアルゴリズムとして挙げられるものとして状態前進型，問題消去型などがある．これらのアルゴリズムを使ったドリルシステムは正誤判定などから出題のパターンを決定するものがほとんどであり，学習内容の関係性から出題パターンを決定しているものは多く見受けられない．このようなドリルを使って暗記をしていく学習を行う際にただ単語を丸暗記するのではなく，学習する内容に関連性を持たせることで学習効果は上がるのではないか．例えば歴史の学習であれば歴史上の事件などを覚える際に，それを起こした人物，起こった年代など関連のある事柄を問題文として出題を行い，次に出題する問題は現在の問題と関連した問題を出題することで学習内容に関連性を与え，内容をより深く学ぶことができ，これまでの学習方法より学習効果が上がるのではないかと考えた．そこで，学習させたい単語同士にどのような関係性があるのかを表現するために意味ネットワークを利用しようと考えた．

第2節 意味ネットワーク

意味ネットワークは人間の有する知識を表現するための知識表現方法の一つとして扱われる．特に複数の事実，あるいは概念間の関係を表現するのに適した知識表現である．この意味ネットワークは 2 つ以上の概念と，それらの持つ関係によって表現される．概念は節点(node)，関係は節点間を結ぶ弧(arc)として表現される．また節点には概念の種類，弧には節点間の関係性を表す語彙が付属する．この関係が節点を介して複数結びつくことによって複雑な構造が構成される．また、意味ネットワークを知識表現として表すためには直接リンクが繋がっていないノード同士の関係も，リンクの持つ語彙から関係性を導き出す推論機構が必要となる．その全体構造を指して意味ネットワークと呼ぶ．(日本教育工学会 2•

第2章 システム設計

第1節 意味ネットワークを用いたドリルシステム

本研究で意味ネットワークを扱う利点は，概念同士が繋がりを持ち，一つの構造として表すことができること．そしてその概念を繋げるリンクに意味を持たせ関係性を表すことができるという 2 点にある．全ての概念が関係性を表すリンクで繋がっているという性質は，第 1 章で述べた「関連性を持った出題」を行うために必要な教材構造として意味ネットワークを使うことは適当なのではないかと考えた．そこで、ノードを学習する内容．リンクを学習する内容同士がもつ関係性とすることで,「関連性を持った出題」のシステム実現を考えた．

さらに，この意味ネットワークを教材構造として扱う一方で，ノード雅持つ属性と，リンクが持つ属性を利用し，こちらであらかじめ必要なデータとルールなどをそろえることができれば，人間が問題を作成するドリルではなく，意味ネットワークの教材構造から，システム内で出題する問題文を自動的に生成することができるドリルシステムの実現が可能ではないかと考えた．

第2節 意味ネットワークを用いた教材構造

ドリルシステムの教材構造として，本システムでは意味ネットワークを使用する．本システムでは学習内容となる単語をノード，単語同士の持つ関係性をリンクとして意味ネットワークを構成したものを教材構造として扱う．

教材構造として扱う際にノードに対して与える情報として必要なものは「ノード番号」「ノードとなる単語」「ノードの出題優先度」「ノードの種類」の 4 種類である．ノード番号はノードに振り分けられた番号，ノードとなる単語は学習させたい単語，ノードの出題優先度は後に上げる意味ネットワークを用いた出題制御を行う際に指標の一つとなるものである．ノードの種類はこのノードがシステム内で定義されている中の，どのような属性を持っているかを表すものである．

リンクに対して与える情報は「繋げているノード」「リンクの種類」「リンクの向き」である．繋げているノードには接続している 2 つのノード名，リンクの種類には繋げているリンクがシステム内で定義されている中の，どの属性を持っているのか．リンクの向きには，繋げている 2 つのノードのうち，矢印がどちらのノードに向いているかを表すものである．

これらの情報を負荷した意味ネットワークを教材構造として使用し，後にあげる出題の動的制御，問題文の生成を行う．

第3節　問題の生成

第 2 章でも述べたように, 本システムでは問題文の自動生成を行えるように設計している．ここでの問題文の生成とは，まず解答となるノード（解答ノード）が存在し，そのノードに関する問題を出題するために使うノード（キーワードノード）を複数選択し，キーワードノードとのリンクの種類から文節を作り, その文節を組み合わせて問題文を作成するという考え方である. この解答ノードとキーワードノードの決定は第 3 節に述べる出題制御部分で決定される. この問題文の自動生成を行うにはノードに与えている種類，ノード同士の関係を表すリンク，問題文を作るためにあらかじめノードの種類とリンクの種類から導き出せる問題文生成のルールが必要となる．ここで図 2-1 に問題生成の流れ図を記す.

第3章 システム開発

第1節 システム概要

第 2 章において行ったシステムの設計に基づき実際に開発するに当たり, 必要となるシステムは以下の 3 つが上げられる．本研究で実現するシステムは以下の３つある内,（1）（2）の 2 つである.（3）について，今回は「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェア『あんどう君』」と「Microsoft Excel」を使用し，意味ネットワークを作成することができると考えたため，今回の研究ではシステムの実装は行わなかった.

（1）問題文生成システム

存在する意味ネットワークの教材構造を用いてノードの種類とリンクの種類・繋がりから文章生成のルールに従い，出題できる問題文を自動的に生成するシステム.

（2）出題制御システム

ユーザの正誤判定、現在の出題状況から次に出題するノードを決定し，（1）の問題文生成システムで生成された問題文を学習者に提示し, 正誤判定を行うシステム.

（3）意味ネットワーク作成支援システム

システムで教材構造として扱う意味ネットワークの作成を支援するためのシステム. 第 3 章で上げたように, 意味ネットワークはノードを定義するファイル（ノードファイル）とリンクを定義するファイル(リンクファイル)の 2 種類に分けてデータ化し, 教材構造として使う必要がある. そこで第 3 章で上げた情報を負荷した意味ネットワークの教材構造を作成するために今回は「再構成型コンセプトマップ作成ソフトウェア『あんどう君』」と「Microsoft Excel」を使い，意味ネットワークを作成した.

まず「あんどう君」を使い，意味ネットワークを図として描画していく.「あんどう君」を用いた描画を図 4-1 に記す.

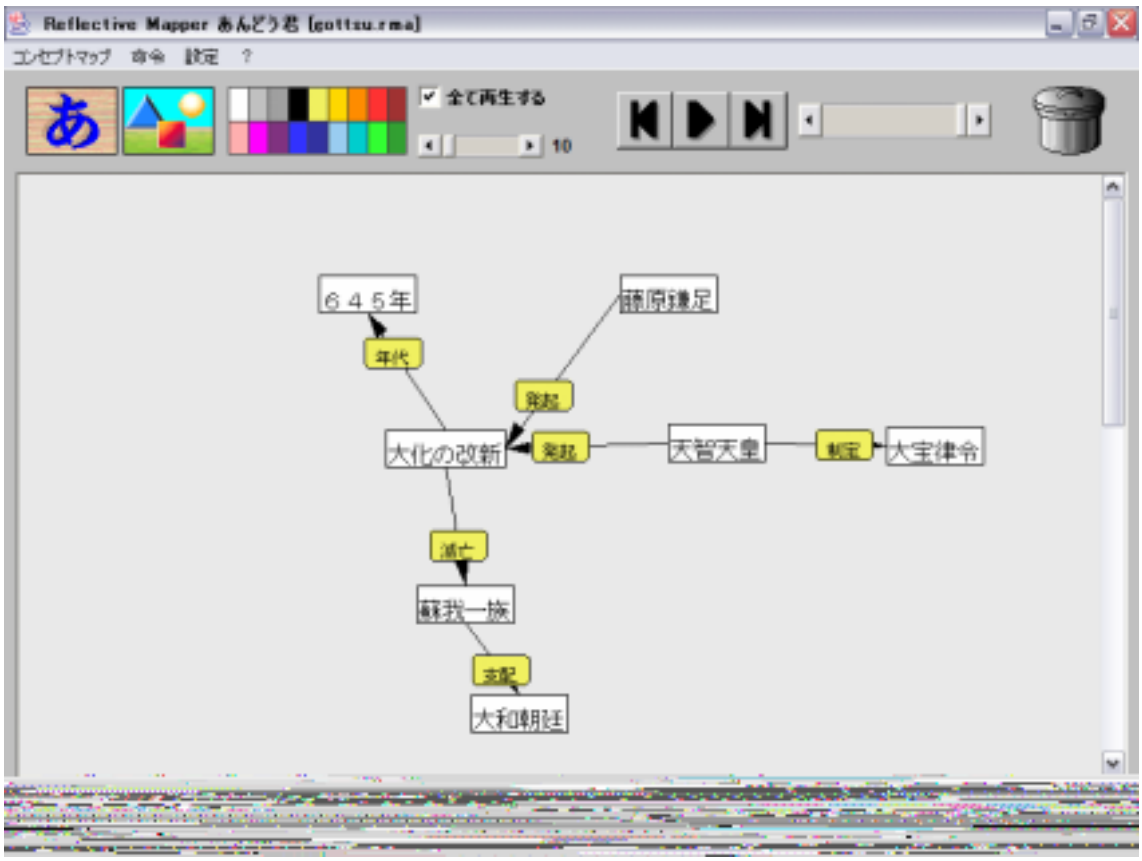


図 3-1　あんどう君を使った意味ネットワーク作成イメージ

あんどう君を使用した場合, ノードのほかにもリンクの種類にも自分で種類名を入力しなければならない. 意味ネットワーク作成支援システムをあんどう君のような形のマッピングソフトとして作成した場合, リンクの種類は選択式にすると，より使いやすいとすることができる．この「あんどう君」で作成した意味ネットワークのデータをノードファイルとリンクファイルに分けて意味ネットワークをデータ化したものとして保存する.

ここでデータ化したものを Microsoft Excel で再編集を行う.

図 3-2 に Microsoft Excel を使い，ノードファイルを編集した場合の画面イメージを記す.

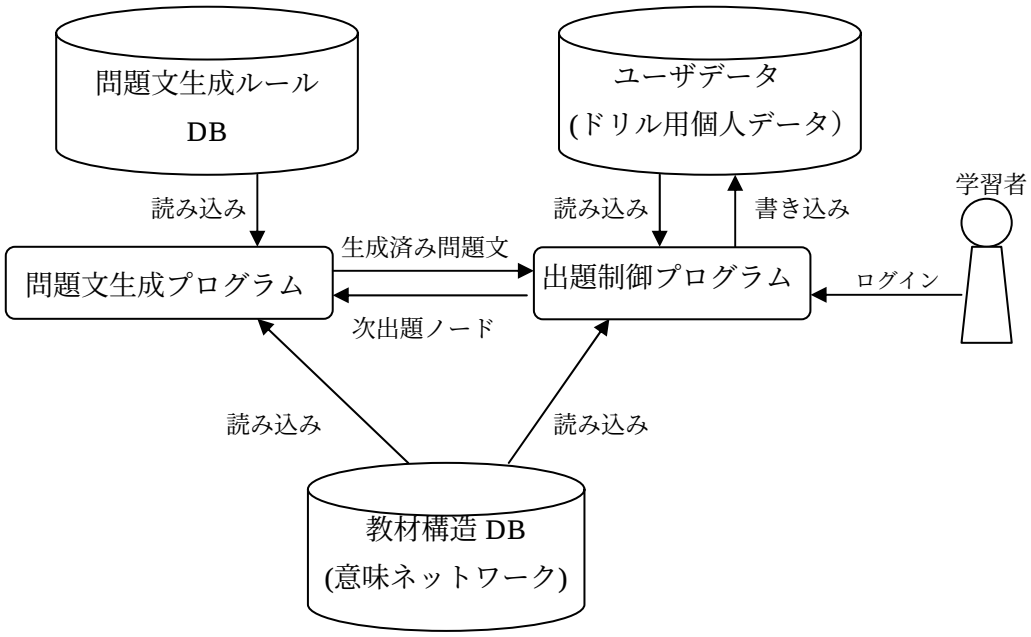


図 3-3　システム構成図

学習者はドリルシステムにログインし解答を行う. ログインした出題制御プログラムではユーザデータと, ドリルとして使用する意味ネットワークを教材構造データベースより参照し, 出題するノードを決定する. 問題文生成プログラムでは出題するノードと意味ネットワークから問題文生成ルールデータベースの内容に従い問題文を生成し, 出題制御プログラムへ返す.

また, 今回作成したシステムでは歴史学習を行うためのシステム開発を行った. そのためノードの種類とリンクの種類は歴史に限られたものとなる. ノードの種類としてシステム内に登録されているのは「人物」「法令」「年」「事件」「その他」の 5 種類. リンクは「年代」「制定」「発起」「目的」「構成」「参加」「滅亡」「支配」の 8 種類となっている. また, リンクはノードを複数個でグループとして見ることができるものと, ノードを単体で扱うものに分けることができる. その内分けとそのリンクが使われる場合を示した表を表 3-1 に示す. また, ノード同士を繋ぐことができるリンクは限られている. 例えば「人物」と「法令」というノードをリンクで繋ぐ際,「制定」「滅亡」というリンクで繋ぐことはできるが, 他のリンクで繋ぐことはできない. 図 3-4 に今回のシステムで作成した, 大化の改新を元にした意味ネットワークの教材構造を示す.

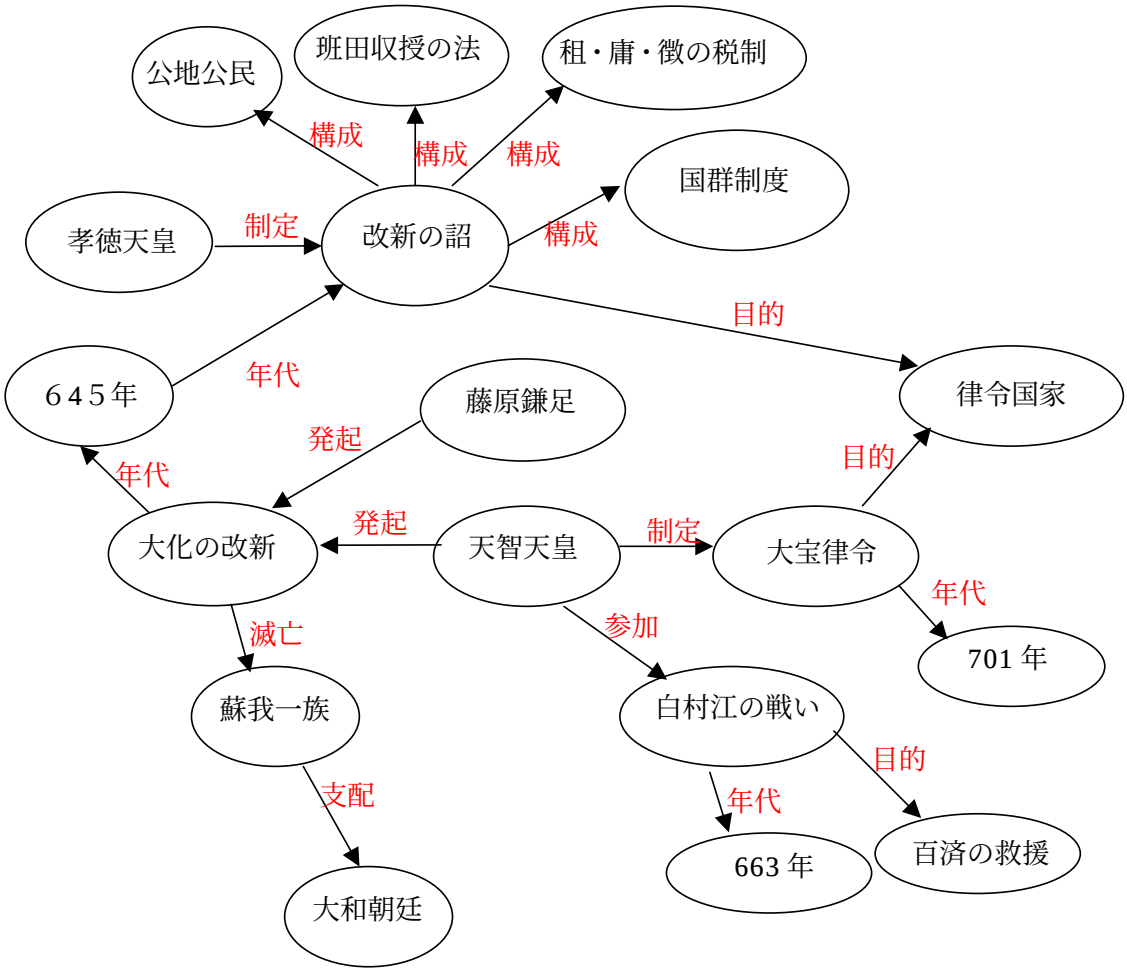


図 3-4　意味ネットワークの教材構造

表 3-1　リンクの種類・用途

ノードをグループとして扱うリンク	制定	ある法令を制定した場合等
	発起	人物によって事件が起こされた場合等
	構成	複数の条令からできている法令等
	参加	戦争に参加した人物等
ノードを単体で扱うリンク	年代	事件が起きた年等
	目的	事件の目的を示す場合等
	滅亡	事件によって滅亡した一族等
	支配	支配されていた場所等

第2節　開発環境

ドリル学習を Web 上でできるように Perl 言語を用いた CGI プログラミングを用いて開発を行った．ブラウザは Windows2000 上で Internet Explorer ver.6.0 を用いて行った.

第3節　データベース

本システムで使用しているデータの種類について説明する

ユーザデータ

学習者の個人データ．これまでの行ったドリルの正誤情報等を保存している．出題制御プログラムで読みこまれ，次出題ノード決定時に使用される．
内容はドリルごとに分けて保存される．各ドリルのファイルは，各ノードに対するこれまでの累積の正誤数・出題数を記録したファイルと，現在出題中のドリルで各ノードの正答・誤答回数等を記録したファイルの 2 種類に分けられる．累積の正誤数・出題数を記録しているファイルはリセットされること無く追記されていくが，もう一方のファイルはユーザがドリルを始めるごとにリセットされ，新たに記録されていく．

教材構造データベース

現在教材構造として登録されている意味ネットワークを保存している．出題制御プログラム及び，問題文生成プログラムで読み込まれる．各ドリルのファイルはノード用ファイルとリンク用ファイルの 2 種類に分けられている．ノード用ファイルは【ノード番号：ノード単語：出題優先度：ノードの種類】で構成されている．リンク用ファイルはリンクの種類にリンク番号を与える事で実装している．例えば天智天皇と大宝律令は制定というリンクで結ばれている．天智天皇のノード番号を『2』，大宝律令のノード番号を『10』，制定のリンク番号を『1』としたときこの関係は『2：１：10』という 3 つの情報を持たせることで実装している．それと同様にリンクを持つ「白村江の戦い」，「大化の改新」に関しても 3 つの情報を持つ．これにより各ノード間の情報を明らかにし，意味ネットワークの教材構造を構成している．

問題文生成ルールデータベース

意味ネットワークから問題文を生成する際のルールを保存している. ノードやリンクの種類によって生成される文節や使われる接続詞の条件などが記録されている. 第 4 節の表 3-2 に記されている表をデータベース化したものが保存されている.

第4節　問題の生成

問題文生成プログラムはサブルーチン化し, 出題制御プログラムから一問の問いごとに呼び出し，処理を行っている.

まず解答となるノードを決定し, そのノードからどのようなリンクで他のノードが繋がっているかを判別し，問題文生成ルールに従い，問題文を生成する．出題するノード決定後，そのノードからリンクを持つノードを検索し，問題文生成に使用するノードを決定する．問題文生成に使用されるノードは「キーワード」として扱う．キーワードの決定は「これまでにキーワードとして使用されたことがあるか」を指標としている．ただし，キーワードは解答となるノードより 2 リンク先までのノードと限定している．それ以上のものはキーワードとして使わない. 問題文生成ルールはリンクの種類とリンクを受ける側(リンク先)，出す側(リンク元)によって文節を決定するものである.

生成される問題文の文末はノードの種類を当てはめて問い掛ける形で統一される. 例えば人物という種類のノードを解答とした問題文の場合は「～した人物は？」という問い掛けの形になる. 問題文生成を行う際の問題文生成ルールはシステム上にデータベースとして保存しており，そこからルールを抽出し，ノードの種類とリンクの種類から 2 つ以上のノードで文節を作成する. そこで作成された複数の文節を繋ぎ合わせることで問題文の生成を行っている．生成された問題文は出題制御プログラムへ送り，問題文として出題される

ここで意味ネットワーク上のリンクで繋ぐことができるノードと, ノードとリンクの種類によって生成される文節を表 3-2 に示す.

表 3-2　問題文生成ルール

リンクで接続できるノード	接続できるリンクの種類	ノードとリンクから生成できる文節
法令－法令	発起	「法令」ができたことで，できた「法令」 「法令」をできた原因の「法令」
	構成	「複数個の法令」によって作られる「法令」 「法令」を構成する「複数個の法令」
法令－人物	制定	「人物」によって制定された「法令」 「法令」を制定した「人物」
	滅亡	「法令」によって滅亡した「人物」 「人物」を滅亡させた「法令」
法令－年	年代	「年」に～
法令－事件	制定	「事件」によって制定された「法令」 「法令」を制定する原因となった「事件」
	発起	「法令」によって起こった「事件」 「事件」の原因となった「法令」
法令－機関	制定	「機関」によって制定された「法令」 「法令」を制定した「機関」
	滅亡	「法令」によって滅亡した「機関」 「機関」を滅亡させた「法令」
人物－人物	滅亡	「人物」を滅亡させた「人物」 「人物」によって滅亡させられた「人物」
	支配	「人物」を支配している「人物」 「人物」に支配されている「人物」
人物－事件	発起	「人物」が起こした「事件」 「事件」を起こした「人物」
	参加	「人物」が参加した「事件」 「事件」に参加した「人物」
	滅亡	「事件」によって滅亡した「人物」 「人物」が滅亡した「事件」
人物－機関	発起	「人物」が起こした「機関」 「機関」を起こした「人物」
	参加	「人物」が参加する「機関」 「機関」に参加する「人物」

年－事件	年代	「年」に～
年－機関	年代	「年」に～
事件－事件	発起	「事件」によって起こった「事件」 「事件」を起こす原因となった「事件」
事件－機関	発起	「機関」が起こした「事件」 「事件」を起こした「機関」
	滅亡	「事件」で滅亡した「機関」 「機関」が滅亡した「事件」
機関－機関	発起	「機関」によって発足した「機関」 「機関」発足の原因となった「機関」
	構成	「機関」を構成する「複数個の機関」 「複数個の機関」によって構成される「機関」
	滅亡	「機関」によって滅亡させられた「機関」 「機関」の滅亡の原因となった「機関」
	支配	「機関」によって支配された「機関」 「機関」を支配する原因となった「機関」

文章の生成は，ここで示した文節を接続して行う．例えば図 3-2 の意味ネットワーク上の「天智天皇」というノードを解答として，「律令国家」「大宝律令」「白村江の戦い」をキーワードとして問題を生成する場合，「天智天皇」は「人物」，「律令国家」は「その他」，「大宝律令」は「法令」，「白村江の戦い」は「事件」という種類をそれぞれ持っている．これらを表 3-2 の問題文生成ルールと照らし合わせて作成の順を追ってみる．

まず，天智天皇から接続されているノードである「白村江の戦い」と「大宝律令」とのリンクを見る．「白村江の戦い」は「参加」，「大宝律令」は「制定」というリンクで繋がっている．さらに「大宝律令」の先にあるキーワードである「律令国家」が「大宝律令」と「目的」というリンクで繋がっている．ここでまず「律令国家」と「大宝律令」の関係を問題文生成ルールから検索する．すると「法令－その他」というノードが「目的」というリンクで繋がっていることから，「律令国家を目的とした大宝律令」という文節を生成できる．さらに「大宝律令」と「天智天皇」の「制定」という関係から「大宝律令を制定した天智天皇」という文節ができ，この二つを組み合わせ，「律令国家を目的とした大宝律令を制定した天智天皇」という文節になる．しかしここで「天智天皇」は問題の解答となるので「人物」に置き換えられる．次に「天智天皇」とリンクを持つ，もう一方の「白村江の戦い」をルールに従い文節にする．「人物－事件」が「参加」のリンクを持つため，「白村江の戦いに参加した天智天皇」という文節が生成できる．先

3-5-3　正誤情報

出題されたノードの正誤情報をユーザデータとして保存する. 正答した場合には正答フラグがデータ内に保存される．各ノードのこれまでの出題状況，正誤回数などはドリルを終了したあとも常に保存される. しかし教材構造となっている意味ネットワークが編集された場合は, 編集された意味ネットワークを使用したドリルのユーザデータは初期化される. これは意味ネットワークが変更されることで出題される問題などに変更が生じるため，正しい出題判定などができなくなる場合があるためである.

3-5-4　正誤用推論機能

推論機能では出題されていないノードも理解したとシステム内で判定し, ユーザデータに正答のフラグを立てることができる．推論機能の実行条件は

（1）推論機能の対象となるノードからリンクを持つ全てのノードが正解している.
（2）対象となるノードが現在実行中のドリルでキーワードとなったことがある.

の 2 つである. 以上の 2 条件を満たすノードがある場合, そのノードは解答用ノードとして使われたことが無くても，正答したものとして扱う.

3-5-5　終了条件

このドリルの終了条件は全てのノードに対して, 正答フラグが立ったときに終了する. ドリルの終了条件が満たされていない場合は，次に出題するノードを検索し，出題を続ける．正答フラグが立たないノードがある場合は正答するまでドリルが繰り返される.

第6節　ドリル学習の流れ

3-6-1　ドリル選択

学習者はドリルを行うためにシステムにログインする必要がある．ログイン後，システムは登録済みの意味ネットワークを提示し，ユーザはその中から自分が学習するドリルを選択する．ドリル選択時には意味ネットワーク作成者が記入したドリルの内容と，その説明が表示される．ドリル選択画面を図 3-5 に示す．

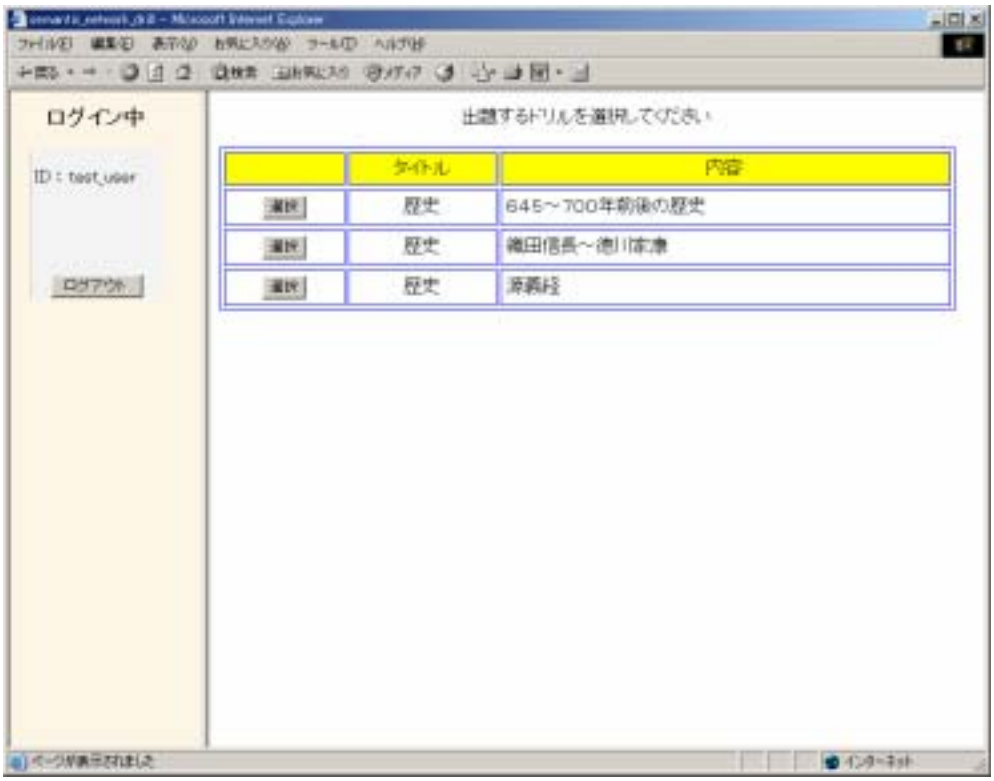


図 3-5　ドリル選択画面

3-6-2　出題

ドリルの出題画面を図 3-6 に示す.

[redacted]

問題に解答するには図 3-6 中の画面（１）の上部で黄色いテーブルで囲まれている部分が，問題文生成プログラムで生成された問題文であり，下に表示されている 4 つのラジオボタンは回答用の選択肢になっている．表示されている選択肢の中から現在出題されている問題の正答だと思うものを選択し，下の「答える」ボタンを押すことにより，正誤判定が行なわれる．正誤判定の結果は次に表示された画面中の下部，図 3-6 中の（３）の部分に表示される．また，これまでに解答を行った問題の正誤判定については図 3-6 中の（２）に表示される．

この出題は, 現在ドリルとして扱っている意味ネットワーク中に存在する全てのノードに理解したという正答フラグが立てられるまで続けられる．

3-6-3　出題終了画面

ドリルの出題画面を図 3-7 に示す．全てのノードに正答フラグが立つと，ドリルが終了し，以下のような画面が表示される．ドリルが終了した時には今回行なったドリルでユーザが最も誤答を行ったノードが表示される．また，この画面から再度ドリルをはじめから行う事も可能である．

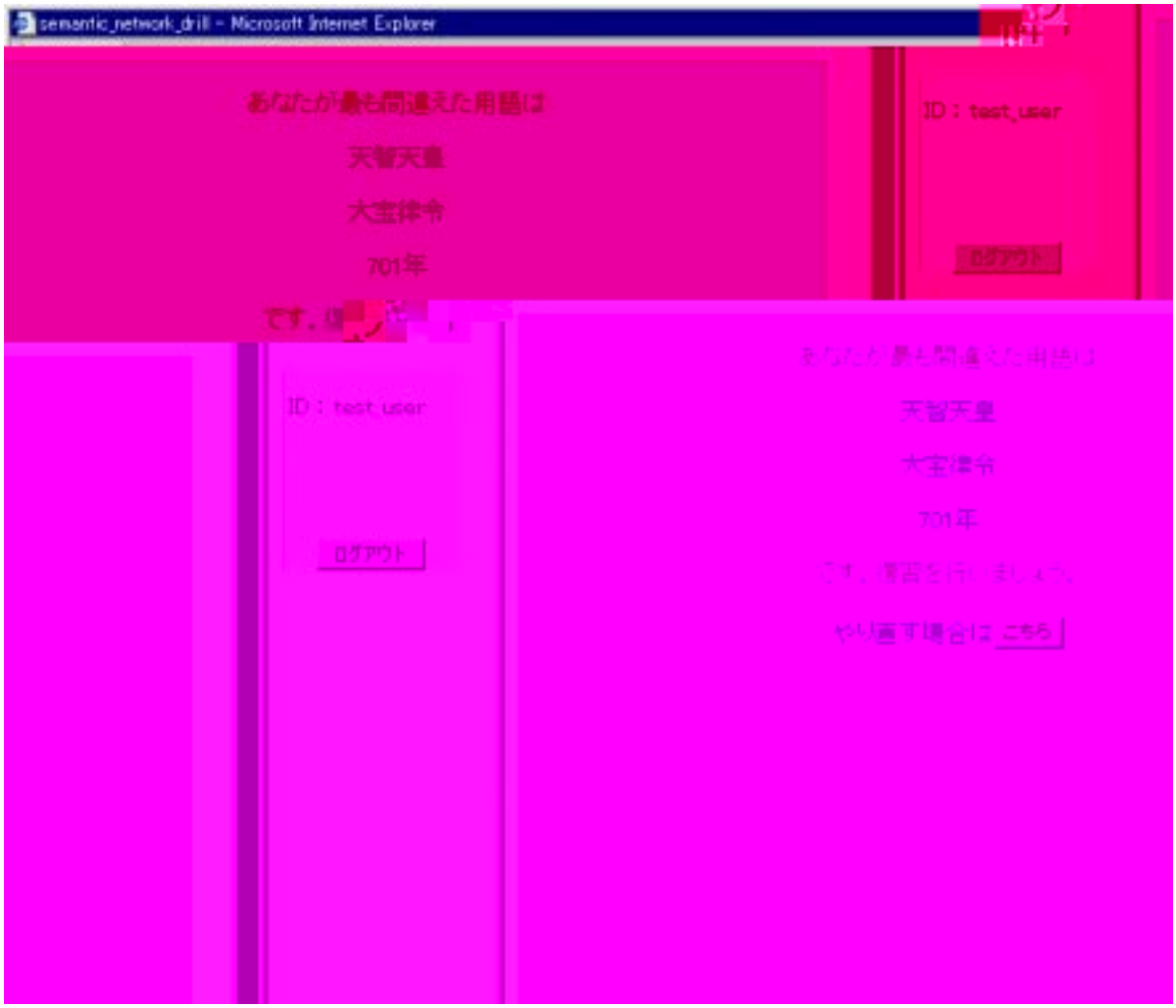


図 3-7　ドリル終了画面

第4章 評価

第1節 評価方法

作成したシステムにおける出題制御部分について、

（1） 学習者が行っているドリルシステムのアルゴリズムがこちらの想定したとおりに動いているか

（2） 学習者がドリルを行う上で学習しにくい，または覚えにくい表現などがあるか

以上の 2 点を確かめるために評価を行った.

被験者は岩手県立大学ソフトウェア情報学部生 4 名に協力者となってもらった. この評価ではアルゴリズムの動作確認が目的となっているので前提条件などは設けなかった.

第2節 実験手順

実験は協力者との 1 対１評価で行った. 協力者にはまず評価手順書を渡し，その手順書に従ってドリルの学習部分を操作してもらい, 終了後に今回使用した意味ネットワークの図とアルゴリズムの説明書を渡し、再度ドリルを操作してもらい，終了後にアンケートを全て記述式で行った.

また、今回評価用の教材として扱う意味ネットワークなどはあらかじめこちらで用意した物を使用した.

第3節 実験材料

（1）評価手順書

ドリルの出題アルゴリズムを表した流れ図と，ドリルを操作する手順を記した.

学習者には操作に関する質問は受けずに, 全て手順書に従い操作を行ってもらった.

また, 一度ドリルを操作し終えた後に添付資料として実験に使用した意味ネットワークを　図化した物を協力者に与えた.

（2）評価アンケート

実験終了後に協力者に行ってもらったアンケート. アンケートは 4 項目で，全て記述式で行ってもらった．アンケートの内容は以下の 4 つである.

① ドリルのアルゴリズムを説明した後に行ったドリルで、こちらが説明したアルゴリズムどおりに出題が行なわれているのを確認出来たか

② ドリルのアルゴリズムを知らずに学習した場合と、アルゴリズムを理解してから学習した場合ではどちらが学習内容を覚えやすいと感じたか

③ このアルゴリズムを利用した学習方法では覚えにくいのではないかと思う場面や問題があったか。あった場合それはどのような状況だったか、またどのような出題なら覚えやすいと思われるのか

④ 今回のドリル内容やアルゴリズムに対する意見、指摘などあれば書いてください

第4節　評価結果

4-4-1　アンケート項目①

アンケート①は協力者 4 人中４人全員からこちらが渡した説明書どおりにアルゴリズムが進んでいることを確認できたとの回答を得た.

4-4-2　アンケート項目②

アンケート項目②の結果, 全員アルゴリズムを理解してからの方が学習内容を覚えやすいという回答を得た．アンケート上ではその理由も記入してもらったが,「アルゴリズムを知っていれば文章中に含まれている関係した事例も覚えようという気になって学習に集中できる」という回答や「アルゴリズムを知っていれば, 関連性を考えながら学習でき, 学習しているときに自分の頭に単語同士の関係性が浮かびやすくて覚えやすかった」という回答が見られた.

この結果から, 学習者が意味ネットワークのイメージとシステムのアルゴリズムを理解していることで学習効果が上がるのではないかと考えられる.

4-4-3　アンケート項目③

アンケート項目③においては4名中2名が覚えにくい場面は特に無かったとの回答を出した．1名から出た意見では「問題を作るときにキーワードを使っているが，問題文中のキーワードが多すぎると覚えるのが大変になりそう」との意見が出された．この意見で出された問題点はシステム内の問題生成システム中で問題作成時にキーワードの使用数を最大4つに抑えることにして解決することにした．

もう1人の意見では，「問題を出題するときにする時に，一度間違えて再び出題されたノードだった場合は『再出題』などの表示を出して欲しい」との意見であった．本システムでは出題されるたびに問題文が変更されていく仕様になっているのでノードの再出題時の表示を行ってしまうとまったく見たことが無い問題文にも『再出題』の表示がされてしまう．記憶の混乱が起こる可能性もあるため，再出題ノードにはそのような表示は行わない．ただし，間違えたときとまったく同じ問題文が出題されたときは『再出題』の表示が行われるように改良をした．

4-4-4　アンケート結果④

アンケート項目④には1名が意見を記述した．内容は「普通のドリルをやるよりも知識の定着の面を考えると，このアルゴリズムを用いたドリルの方が学習に適していると思った」という意見だった．

第5節　評価結果からの考察

協力者4名による評価の結果，評価の対象としたアルゴリズムは、関連性を考えて学習できるのでドリル学習としては覚えやすいとの意見を協力者全員から得ることができた．さらに，この意味ネットワークを用いたドリルシステムの出題アルゴリズムを事前に教えておくことで，問題文にもキーワードが含まれていることを理解し，注意深く目を通していることがわかる．これにより学習効果の向上も図ることができると考えられる．しかし，出題に使われるキーワードの数などにおいて問題点も挙げられた．これに関しては5-3-3でも上げたようにシステム内でキーワード数を4つに制限することにしたが，本来ならば学習者がキーワードの数の上限などを決めることができるシステムであれば，より学習意欲なども向上するのではないかと考えられる．さらに，今回はさほど意味ネットワークが大きくなかったため，出題アルゴリズムを確認することが容易

であったかもしれないが，この意味ネットワークがさらに大きくなった場合，学習者は内容を覚えることができるのだろうかという疑問点がある．

第5章 まとめ

本研究では意味ネットワークを用いた新たなドリル学習システムの開発を行った. 今回のシステムでは大化の改新に関わる歴史を扱ったドリルシステムを作成し出題制御アルゴリズムの評価を行った. 評価の結果, こちらの提示した出題アルゴリズムに関しては大きな改善点は出なかった. このシステムは意味ネットワークを理解すれば歴史の学習に限らず, 他の分野においての使用も十分に利用できると考えられる. 例として理科のドリル学習教材として扱った場合, ノードに薬品名などを扱うことによって, 薬品調合のドリル教材の作成や, 生物名をノードとして扱うことで生態系のドリル学習などにも応用できるのではないかと考えられる. これら他教科のドリル教材として扱うには, ノードの定義, リンクの定義, 文章生成のルールの定義をしっかりと行う必要があるが, この定義を行うことができれば, 本システムを他分野の学習にも使用でき, より発展した学習を行うことが可能になるのではないかと考える.

参考文献

A.Barr, E.A.Feigenbaum 編, 田中幸吉 / 淵一博 監訳(1983)「人工知能ハンドブック」, オーム社

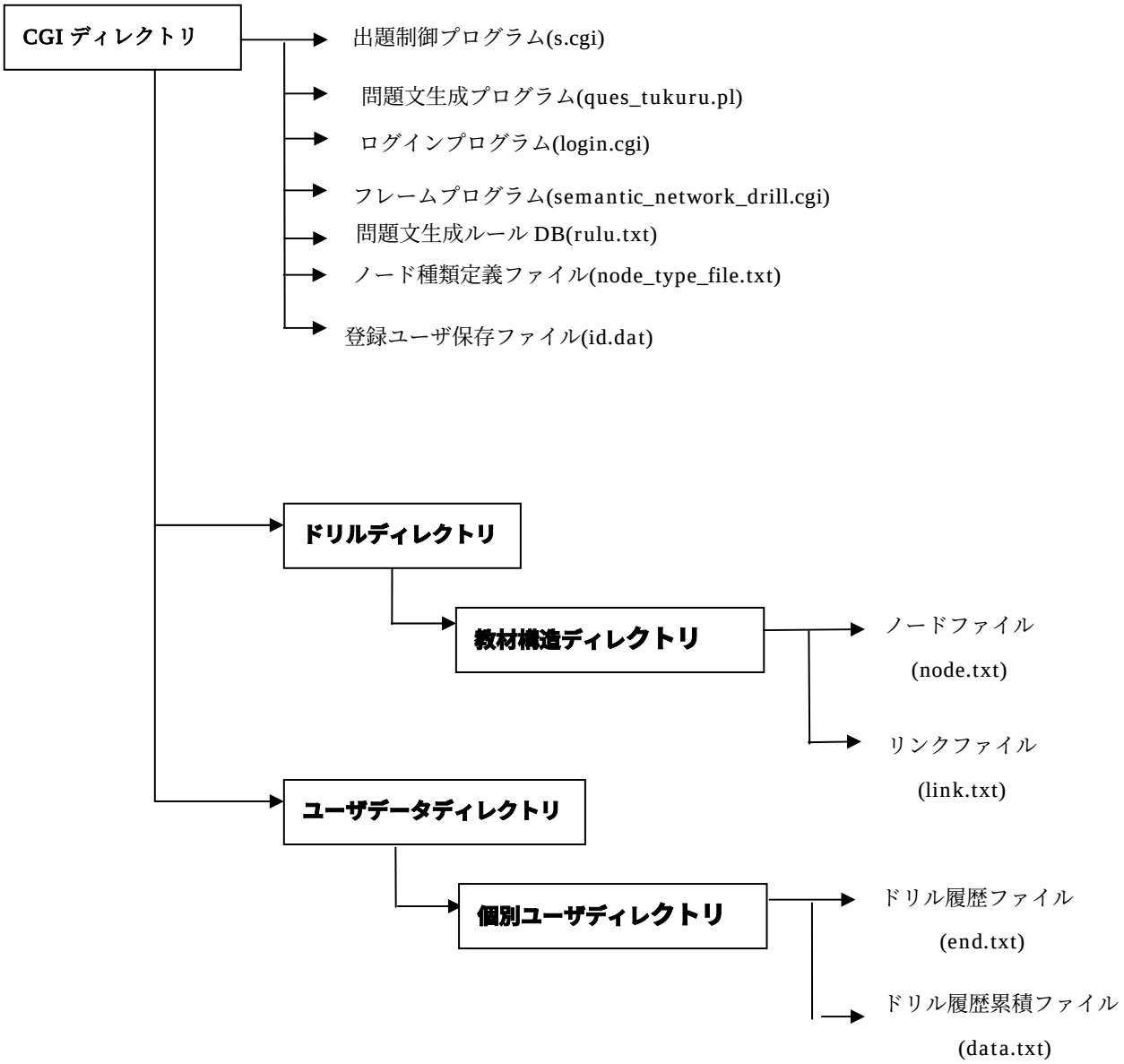
CARBONELL, J.R. (1970) ”AI in CAI: An Artificial-Intelligence Approach to Computer-Assisted Instruction”, IEEE Transactions on Man-Machine Systems, MMS-11, pp.190-202

藤原康宏，永岡慶三(1995)「意味ネットワーク構造のアイテムプールを持つ知的適応型テストシステムの開発」，日本教育工学雑誌 Vol.19 No2，pp.73-84

日本教育工学会編(2000)「教育工学事典」，実教出版

岡本敏雄(1984)「知識ベース型 CAI ／ IROSA-Ⅱの研究・開発」, 日本教育工学雑誌 vol9, pp.43-53

ディレクトリ構造図


CGI ディレクトリ
出題制御プログラム(s.cgi)
問題文生成プログラム(ques_tukuru.pl)
ログインプログラム(login.cgi)
フレームプログラム(semantic_network_drill.cgi)
問題文生成ルール DB(rulu.txt)
ノード種類定義ファイル(node_type_file.txt)
登録ユーザ保存ファイル(id.dat)
ドリルディレクトリ
教材構造ディレクトリ
ノードファイル
(node.txt)
リンクファイル
(link.txt)
ユーザデータディレクトリ
個別ユーザディレクトリ
ドリル履歴ファイル
(end.txt)
ドリル履歴累積ファイル
(data.txt)

・rulu.txt（　ノード種類―ノード種類＞＜リンクの種類＞＜文節＞＜接続時末尾＞＜文章終了時末尾＞　）　rulu.txt には文章生成におけるルールが記述されている.

----------データ内容----------

0-0><4><によって構成され><、><る

0-1><1><によって制定され><、><た

0-1><6><を滅亡させ><、><た

0-2><0><年にでき><、><た

0-3><1><によって制定され><、><た

0-3><2><の原因とな><り、><った

0-4><1><によって制定され><、><た

0-4><6><を滅亡させ><、><た

1-0><1><を制定し><、><た

1-0><6><によって滅亡し><、><た

1-3><2><を起こし><、><た

1-3><5><に参加し><、><た

1-3><6><によって滅亡し><、><た

1-4><2><を起こし><、><た

1-4><5><に参加し><、><た

2-0><0><が制定され><、><た

2-3><0><が起こ><し、><った

2-4><0><ができ><、><た

3-0><1><を制定する原因とな><り、><った

3-0><2><によって起こ><り、><った

3-1><2><が起こし><、><た

3-1><5><が参加し><、><た

3-1><6><が滅亡し><、><た

3-2><0><年に起こ><り、><った

3-4><2><が起こし><、><た

3-4><6><が滅亡し><、><た

4-0><1><を制定し><、><た

4-0><6><によって滅亡し><、><た

4-1><2><が起こし><、><た

4-1><5><が参加し><、><た

4-2><0><に作られ><、><た

4-3><2><を起こし><、><た

4-3><6><で滅亡し><、><た

----------データ終わり----------

・ node_type_file.txt（　ノードの種類に与える番号：ノードの種類　）node_type_file.txt ではノードの種類と番号の対応をとっている.

----------データ内容----------

0:法令

1:人物

2:年代

3:事件

4:機関

----------データ終わり----------

・ node.txt（　ノード番号：ノード単語：出題優先度：ノードの種類：リンクを持つノード番号　）node.txt ではノードのデータを保存している.

----------データ内容----------

0:大化の改新:2:3:1,2,3,4

1:天智天皇:3:1:0,6,9

2:藤原鎌足:3:1:0

3:645 年:5:2:0,12

4:蘇我一族:4:1:0,5

5:大和朝廷:4:5:4

6:白村江の戦い:4:3:1,7,8

7:663 年:5:2:6

8:百済の救済:4:4:6

9:大宝律令:3:0:1,10,11

10:701 年:5:2:9

11:律令国家:3:4:9,12

12:改新の詔:2:0:11,13,14,15,16,17

13:国軍制度:4:0:12

14:租・庸・調の税制:4:0:12

15:班田収授の法:4:0:12

16:公地公民:4:0:12

17:孝徳天皇:3:1:12

----------データ終わり----------

・ link.txt（　ノード番号：リンクの種類：リンク向き：ノード番号　）link.txt ではリンクのデータを保存している.

----------データ内容----------

0-2-1-1:0-2-1-2:0-0-0-3:0-6-0-4:

1-2-0-0:1-5-0-6:1-1-0-9

2-2-0-0

3-0-1-0:3-0-1-12

4-6-1-0:4-7-0-5

5-7-1-4

6-5-1-1:6-0-0-7:6-3-0-8

7-0-1-6

8-3-1-6

9-1-1-1:9-0-0-10:9-3-0-11

10-0-1-9

11-3-1-9:11-3-1-12

12-3-0-11:12-4-0-13:12-4-0-14:12-4-0-15:12-4-0-16:12-1-1-17

13-4-1-12

14-4-1-12

15-4-1-12

16-4-1-12

17-1-0-12

----------データ終わり----------

- end.txt（ノード番号：正答フラグ：現在出題ドリルでのキーワード回数：次出題時の使用キーワード個数）end.txt ではユーザが現在行なっているドリルのデータを保存していく.

----------データ内容----------

0:1:1:2

1:1:3:2

2:1:1:2

3:1:1:3

4:1:2:2

5:1:0:2

6:1:0:2

7:1:1:2

8:1:1:3

9:1:1:2

10:1:0:3

11:1:2:2

12:1:2:2

13:1:0:3

14:1:1:2

15:1:1:2

16:1:1:2

17:1:3:3

----------データ終わり----------

・ deta.txt（　ノード番号：累積出題回数：キーワードに含まれた累積回数）data.txt ではこれまでの累積のドリルデータを保存する.

----------データ内容----------

0:2:2

1:2:0

2:0:0

3:0:0

4:1:0

5:1:1

6:1:1

7:0:0

8:0:0

9:4:2

10:2:1

11:1:1

12:1:1

13:1:1

14:0:0

15:0:0

16:0:0

17:0:0

----------データ終わり----------