



語順というのは文法の最も重要な内容の一つで、主語・述語・目的語・補語・修飾語などの並べる順番のことである。外国語を勉強するとき、語順に慣れてなくて苦労を経験した人が多くだろう。母国語の場合は、会話中自然に正しい語順の言葉が出てくる。しかし、外国語の場合は、文法や文型を思い出しながらか話することが多く、正確な文にならないケースもある。外国語を話すとき、文法を意識せずに言いたいことを適切に表せる能力が要求される。そのためには文法を理解する以外に、短期記憶から長期記憶ができるまでの、長い期間の繰り返しの練習と実践が必要になってくる。

このような実践能力を有効的に身に着ける方法として、文型を覚える学習法が勧められている[4, 5, 6]。現在、多くの教科書・ビデオ・ゲーム・デジタルコンテンツなどが、文型学習支援のために作成されている。従来の紙教科書に比べ、ビデオとデジタルコンテンツを使用した物は、音声や動画を用いるため、臨場感と楽しさが体験できる。また、レッスンの内容が豊富で毎回変化しているため、無理せずに反復練習することができる。

一方、迷路ゲームの作成と探索方法に関連する研究が多いにも関わらず、迷路ゲームと語学学習の組み合わせはほとんど見たことがない。語学学習のデジタルコンテンツに用いられるのは、主に対話文の四択問題や単語の穴埋め、および単語の並び替えなどの語学教科書によく見られる練習法をゲームにしたものである。本研究は、迷路ゲームと外国語文法学習を結合させることで迷路ゲームに新たな応用と展開を示す。迷路を解くことで、文型を復習・確認することができる。また、文型を知っているなら、それをヒントに早く迷路を解くことができる。このような迷路ゲームを遊ぶことにより、正しい文型の印象を深め、有効的な学習結果が得られるだろう。

## 2. 迷路自動生成アルゴリズム

現在、迷路ゲームを自動作成するアルゴリズムは数多く存在する。その中で、最も知られているアルゴ

リズムである、「棒倒し法」「穴掘り法(道のぼし法)」「壁のぼし法」の紹介を行う[7, 8, 9]。

### 2.1 迷路自動生成アルゴリズム 1 – 「棒倒し法」

棒倒し法は、内壁を棒に見立てて倒し迷路を生成する方法のことである。図2に示すように、基本となる外壁とその中に基本となる内壁を二マスおきに配置する。その後、図3で示すように内壁を四方どちらかに内壁を倒し迷路を生成する。他の迷路自動生成アルゴリズムに比べ、プログラミングが簡単で、楽に迷路を生成することができる。しかし、アルゴリズムが単純なため、毎回同じようなルートになり、簡単に答えの道が見つかってしまう可能性がある[10]。

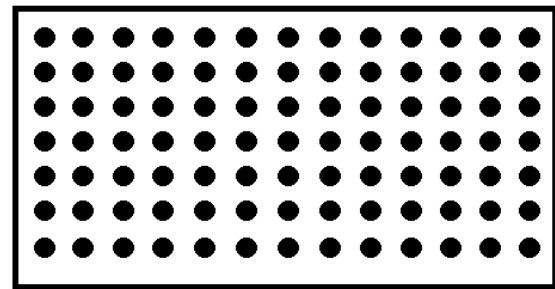


図 2. 棒倒し法 1

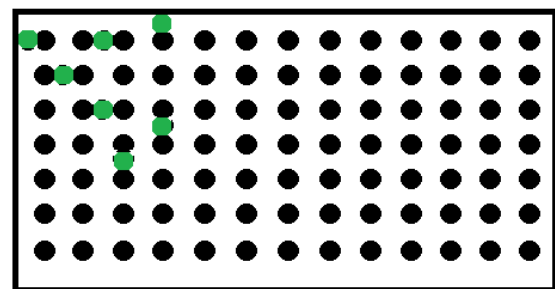


図 3. 棒倒し法 2

### 2.2 迷路自動生成アルゴリズム 2 – 「穴掘り法」

穴掘り法は、面全体を壁にした状態から起点を選び、そこから道を延ばす方法のことである。図4のように、初め面全体を壁にする。そこからランダムに起点を選ぶ。図5で示すように、一マス進むごとに上下左右いずれかの方向に進めていく。2マス先を見てそ

こが通路でなければ道を延ばしていく。穴掘り法は、棒倒し法に比べ人が書く迷路の方法に近いためランダム性が高い迷路を生成することができる。しかし、起点から放射状に通路を作る傾向があるため、ゴールへ向かう道が答えになりやすい傾向がある[10]。

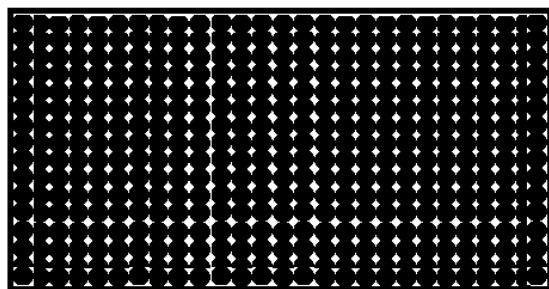


図 4. 穴掘り法 1

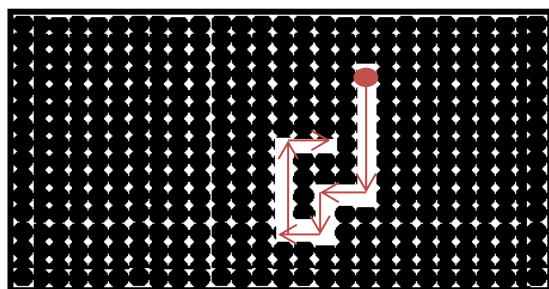


図 5. 穴掘り法 2

### 2.3 迷路自動生成法アルゴリズムー「壁のぼし法」

壁のぼし法の原理は、ほぼ穴掘り法と同じで、道ではなく壁を延ばしていく方法である。しかし、穴掘り法と大きく違う点として、外周の壁から外周の壁からランダムに点を選んで壁を延ばしていく方法と何もない点から壁を延ばし、既にある壁につなぐ方法の二つで迷路を生成している。まず、図 6 で示すように、外壁を配置する。次に図 7 に示すように、ランダムに起点を選んで矢印のように壁を延ばしていく。

そのため、生成する迷路のバリエーションが多くランダム性も高い[10]。



図 6. 壁のぼし法 1

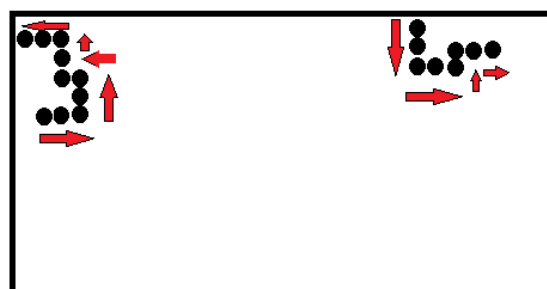


図 7. 壁のぼし法 2

### 3. 文型学習迷路ゲーム作成法

上記から本研究では、ランダム性とバリエーションが多い「壁のぼし法」を利用し、迷路生成を行う。また、文型学習迷路ゲームを作成するにあたり、ランダムで作成させる迷路内に文型を自動配置する方法が必要となってくる。しかし、現在その方法は確立されていないため、「文型を破る方」と「壁を破る方」という二つの文字配置法を提案する。

#### 3.1 文字の配置方法 1ー「文型を破る法」

最初にスタートとゴールを結ぶ道を作る。この道の長さは、表示したい構文の長さに関連している。スタートとゴールを結ぶ直線を、上下左右ランダムに選んだ点で二つの線分に分け、再帰的なプログラムを実行する。そうすることにより、分岐点の数が二の乗数の道を作れる。この道に正しい文型の漢字と仮名を順に配置する。また、ループが含まれないように分岐点の位置選択に注意する。

次に、残りのスペースを袋小路で埋めていく。迷わせる・考えさせる・ゲーム性を高めるため、「袋小道」

にも同じような文字（言葉）を配置するが、文字の出る順を変えることで、正しい構文にならないようにする。語順を入れ替えて、意味が変化するだけで、文法的に正しいケースが多い。プログラムで自動的に文字を配置すると、袋小路にも正しい構文を作ってしまう可能性がある。このような「ミス」を防ぐために、袋小路に入れる正しくない構文を事前にデータベースに用意しておく必要がある。この量は膨大で、人工的な作業を必要とする。我々のプログラムでは、動詞を袋小路に配置しないという簡単な手法を取っている。なぜなら、中国語・日本語・英語などの言語において、主語と目的語を省略することはあるが、述語と動詞はほとんどの文に必要である。正しい文型のデータベースを用意する際、各文型の動詞に印を付け、袋小路に動詞の漢字（複数の可能性がある）を配置しないようにする。

分岐点ごとに漢字を一つ配置するためには、分岐点の数が文型の漢字数より多くなければならない。サイズの小さい迷路内に、長い文型を表示させるためには、分岐点以外のところにも漢字を配置する必要がある。また、このような漢字は、「道印」の役割も果たしてくれる。文字の位置を、セルの特徴に応じて、ローカル的に変動する必要がある。図8に示すように、文字の位置とセルの特徴位置によって、文字が誘導する、あるいは思考させる効果がある。

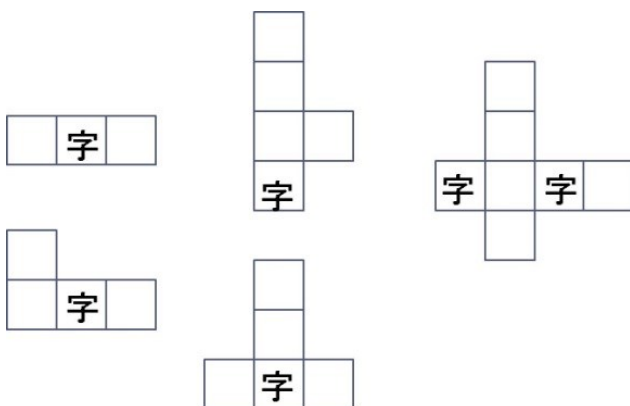


図8. 文字の位置によって、誘導と考えさせることの二つの効果がある

### 3.2 文字の配置方法 2—「壁を破る法」

この方法は常に正しい文型順に文字を配置するが、袋小路の領域において、壁の存在を無視し文字を配置していく。図9に示すように、まず迷路の道と袋小路のセルを二種の領域に分割して置く。次に、正しい道（緑の線で示す）の領域に正しい構文を配置する。次に、黄色の線で示すように、袋小路の領域に正しい文型順に文字を配置していく。ここでは、袋小路の領域であれば、例え壁を挟んでいても、壁を「破る」ように続けて文字を配置する。

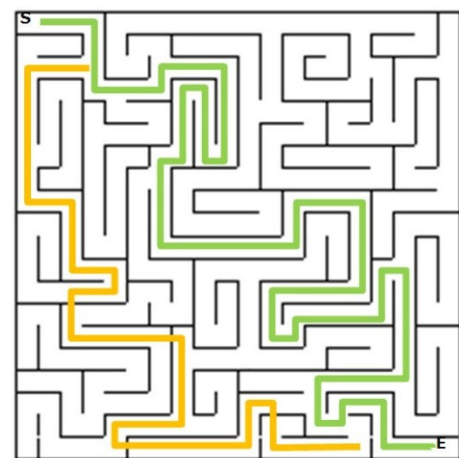


図9. 文字の配置方法2を示す。袋小路の領域において、迷路の壁を破るように黄色の線に沿って正しい文型順に文字を配置する

### 3. 検証と評価

この研究に関して、二種類の評価実験を行った。まず、文型学習迷路ゲーム作成法に対して、提案した二つの文字配置法の厳密性と汎用性のテストを行った。次に、提案した迷路ゲームの語学学習への有効性を調査した。

#### 3.1 文字配置法の検証と改善

文型学習迷路ゲーム作成法の厳密性を調査するために、20個の異なる文型の英文と、20個の迷路を作成した。20個の英文は全てシンプルな文型で、述語は一つしかない。迷路の道において、正解の文型を配置する際、道の長さ（セルの数）割る文字の数で文字間の基準間隔の計算を行った。文字を配置した後、分岐点

に隣接する文字を分岐点に移動させる調節操作を行った。

袋小路に文字を配置する際、同じ基準間隔で文字を配置した。「文型を破る法」のアルゴリズムでは、述語の漢字を袋小路に配置しないようにした。袋小路は道より短いため、文型の途中までしか文字を入れられないケースが多かった。「壁を破る法」のアルゴリズムでは、袋小路の領域に壁を無視し文型を丸ごと挿入した。

両方のアルゴリズムは、文型学習迷路ゲーム作成に有効であることを確認できたが、それぞれに欠点があることも判明した。「文型を破る法」で配置したのは、主に文型の前半の文字であった。解決方法として、袋小路の長さに応じて、適切な数の文字だけ選び（述語を選ばない）、文型の全体が袋小路に現れるようにする。「壁を破る法」では、文字が近隣のセルに集中してしまうという問題が発生した。さらに、袋小路のセルが壁のセルより優先度が高く、近隣選択の条件を変更したら、迷路の外枠に沿って文字が配置されるという新しい問題も発生した。解決方法として、近隣選択に「一定値の長さの袋小路を見つけたら、その場で壁を破り続きの袋小路を探す」という条件を加えた結果、ランダム性の高い文字配置結果が得ることができた。袋小路の領域の二つの文型が交差する位置において、片方は一文字後ろにずらすように処理している。

「文型を破る法」は、文型のデータベースを操作することで、様々な形の文字配置ができる。しかし、データベースを用意するために労力が必要となってくる。

「壁を破る法」は、プログラムで自動的に文字配置できるが、作れる言語学習迷路ゲームのバリエーションが少ない。

この二つの方法の汎用性をテストするために、再び20個の英文と訳文を用意した。ただし、二つのシンプルな文型を連結詞で繋ぐケース、条件文と本文のケース、修飾文と本文のケースなどの複合文型であった。文の長さが増えたことによって、文字間の基準間隔が短くなり、文字が密集しゲームの楽しさと画

像的な鑑賞性が悪くなった。これを解決するために、横長の長方形の迷路にし、必要に応じて迷路全体が横に移動できるようにした。

大きくかつ複雑な迷路に対応するために、ユーザーの選択した文字の色と大きさが変化する機能も加えられた。文字をクリックしたとき、文字の大きさが変化するアニメーションが実行される、また文字の色も変化する。再度クリックしたら、選択の取り消しと見なし未選択の状態に戻す。それにより、利用者は自分の選択した道を確認できるようになる。

以上のようなテストと改善により、提案する方法で安定したゲーム性のある文型迷路を作成できるようになった。

### 3.2 文型迷路の学習効果の検証

提案した迷路ゲームの有効性を評価するために、40個の英文と対応する40個の文型迷路を利用して、ゲームの体験実験を行った。今回実験の実験では、日本に住む8名の外国人に協力してもらった。8人は英語と日本語の両方ができるが、日本語能力に差がある。それぞれの人に、12個の迷路を選んでもらう。迷路を解く前に、まず英文の原文を読み、日本語訳を言ってもらった。このときの正解率は約40%だった。それから、独自に文型迷路を解いてもらった。最後に、もう一度英語の原文に対応する日本語訳を言ってもらった。実験の結果、75%の英語原文に対して、参加者が文型迷路の日本語訳を言えるようになった。また、すべての参加者はこのような学習支援迷路ゲームに面白さを感じ、使いたいと答えてくれた。

## 4. まとめ

文型の練習に関しては、実践的なストーリー展開に注目し、複数の人間の音声データを用意するなど、学習者が模倣しやすい機能を備えたコンテンツが多くある。しかし、学習者に考えさせながら理解と記憶を深めるためのコンテンツは数少ない。本論文の提案した文字の入りこんだ文型迷路ゲームは、遊びながら正確な語順を推測する、あるいは文法の知識を活

かし、語順から早く迷路を解くというような思考と探索が一致したものである。外国語学習支援コンテンツとして、理解と記憶を深める効果があり、学習と娯楽の二つの目的を達成できる。

今後、このアプリケーションをより多くの日本語を習っている外国人に使ってもらおうと計画している。また、日本語を教える先生方にも体験してもらい、如何に日本語の特徴を文字の配置に反映できるか、その専門的なアドバイスを取り入れる。さらに、日本語の原文に対応する英語訳文や中国語訳文のバージョンも開発できたらと考えている。

文型を学習するだけではなく、迷路の道と袋小路に漢字を構成するパーツを置くようにすれば、漢字の書き方を練習する漢字迷路にも応用できる。また、ループする袋小路を利用して、単純な文書により豊かな表現を加えられるようにし、作文を練習するための迷路も作れたらと期待している。

## 参考文献

- [1] こどもくらぶ 編集、トリックサイトめいろ 〈1〉 錯視型迷路、今人舎、(2013/07)
- [2] エイドリアン フィッシャー (著)、ハワード ロクストン (著)、Adrian Fisher (原著)、Howard Loxton (原著) 北村 孝一 (翻訳)、迷路の秘密図鑑 [大型本]、青娥書房 (2013/05)。
- [3] 香川元太郎、時の迷路、PHP 研究所 (2005/5/24)
- [4] 安藤貞雄、英語の文型—文型がわかれば、英語がわかる、開拓社、言語文化選書 (2008/3)
- [5] 友松 悦子、和栗 雅子、宮本 淳どんなときどう使う日本語表現文型辞典アルク；新装版 (2010/06)
- [6] 大内田三郎、基本文型 150 で覚える中国語—中国語の特徴をふまえた学習書、駿河台出版社 (2002/05)
- [7] 嘉来の世界—本格派迷路サイト  
<http://karai.vis.ne.jp/>
- [8] 迷路制作法: 迷路界  
<http://space.geocities.jp/meirokaihome/>

[9] 小野田博一、新作・論理パズル 77—思考の「迷路」のフルコース、講談社、1995 年

[10] 迷路自動生成アルゴリズム

<http://www5d.biglobe.ne.jp/%257estssk/maze/make.html>