

# 多肢選択式問題は公平か

—記憶保持の強さから—

茨城県／日本学術振興会特別研究員 DC 高木 修一  
筑波大学大学院在籍

## 概要

多肢選択式問題における錯乱肢の重要な役割として、正答する能力のない受験者が当て推量により正答選択肢を選ぶのを防ぐことがある。そこで、本研究は、より効果的に機能する錯乱肢について、錯乱肢情報の記憶保持の観点から現状の調査および実証研究を行った。まず、現在運用されている読解テストの中から英検、センター試験およびTOEICを対象とし、各テストにおける錯乱肢に記憶への保持のされやすさの観点かどの程度反映されているのかを調査した。その結果、いずれのテストにおいても記憶保持の観点はほとんど反映されていないことが明らかとなった。その上で、記憶に保持されやすい錯乱肢と保持されにくい錯乱肢を含んだ読解問題を作成し、日本人大学生に解答させた。その結果、記憶に保持されにくい錯乱肢は効果的に機能していなかったが、記憶に保持されやすい錯乱肢は特に得点が低い受験者に対して従来の錯乱肢よりも効果的に働くことが明らかとなった。

## 1 はじめに

多肢選択式問題は客観性の高さ、採点の容易さなどの点で優れており、幅広いテストにおいて用いられている形式である。そのため、英語教育の分野においても、英検をはじめとした主流なテストにおいて多肢選択式問題が出題されている。しかし、多肢選択式問題には受験者の能力とは関係ない、当て推量による正答が含まれてしまうという問題点が指摘されている。例えば、4択式の問題の場合であれば、仮に受験者が設問の意味さえも読み取ることができ

なかったとしても、25%の確率で正答することができてしまう可能性がある。

そのため、このような当て推量による正答をできるだけ除去するべく、正答選択肢以外の選択肢（錯乱肢）に関してさまざまな研究が行われてきた。しかし、従来の研究においては、教師の直観を基盤としているものが多く含まれ、実証的な手法を用いた研究はあまり多くはない。教育者の直観を手法として用いている研究を否定するわけではないが、このような経験的アプローチによって得られた研究成果は応用可能性に問題があるものと思われる。実際、Kim et al. (2010) において、経験的アプローチに基づいて作成されたテストのガイドラインはテストの作成者によって活用されにくく、抽象的で不可解なものとして認知されていたことがわかっている。そのため、多肢選択式問題の錯乱肢に関しても実証的な研究が必要であると考えられる。

しかし、数少ない実証研究においても、ほとんどの研究は錯乱肢の性質を正答選択肢との比較によって検証しているものが多い。例えば、錯乱肢に含まれる内容語の割合や錯乱肢に関する情報と正答選択肢に関する情報との距離などである。このように、多肢選択式問題の錯乱肢の性質に関しては、相対的な性質の検証にとどまっており、錯乱肢そのものの絶対的な性質に関しては検証が行われていないのが現状である。

そこで、本研究では多肢選択式問題における錯乱肢の性質について、記憶への保持されやすさの観点から検証を行う。受験者の記憶に残りやすい情報が錯乱肢として提示された場合、受験者の中で錯乱肢と正答選択肢の情報が混在するため、より効果的な

錯乱肢として機能すると考えられる。反対に、記憶に残りにくい情報が錯乱肢として提示された場合には、正答選択肢の情報と錯乱肢の情報を明確に区別しやすいため、錯乱肢として効果的に機能しないと予想される。

本研究は2つの調査から構成される。調査1においては、記憶への保持されやすさの観点が既存の読解テストにおいてどの程度反映されているのかについて調査を行った。具体的には、現在運用されている主流の読解テストを対象とし、それぞれのテストの各項目の錯乱肢が記憶に残りやすいものかどうかを2名の調査者により判断した。次に、調査2においては、実験を通じて、記憶に残りやすい錯乱肢と記憶に残りにくい錯乱肢が選択される割合を明らかにした。読解テストの錯乱肢として、従来の錯乱肢、記憶に保持されやすい錯乱肢および記憶に保持されにくい錯乱肢を提示し、記憶に保持されやすい錯乱肢と記憶に保持されにくい錯乱肢が従来の錯乱肢と比較して効果的に機能するかについて検証を行った。

## 2 先行研究

### 2.1 多肢選択式問題と錯乱肢の性質

多肢選択式問題に関して引用されることの多い研究として、Haladyna, Downing and Rodriguez (2002)がある。彼らの研究は、多肢選択式問題の項目作成における31種類のガイドラインの妥当性について、27冊の教科書の分析および27の先行研究の概観を通じて検証を行ったものである。表1は、これらのガイドラインのうち選択肢に関するものの一部である。

■ 表1：選択肢に関するガイドライン (Haladyna et al., 2002 より引用)

できるだけ多くの錯乱肢を作成する
正答選択肢の位置は一定にしないようにする
選択肢は論理的な順序で提示する
選択肢は相互に重複しないようにする
選択肢は類似したものにする
選択肢の長さは均一にそろえる
選択肢には否定語を含めない
錯乱肢はできるだけもっともらしくする

表1からわかるように、正答選択肢を含めた選択肢全般にかかわるガイドラインが複数提示されており、これらの多くは選択肢間での関係性にかかわるものである。それに対し、錯乱肢そのものについて言及しているガイドラインは少ない(表1の最上段と最下段)。その上、これらのガイドラインはかなり抽象的であり、具体的な指標として活用することは難しいと考えられる。例えば、最下段の「錯乱肢はできるだけもっともらしくする」というガイドラインの場合、どのような錯乱肢がもっともらしいのかについて詳しい言及はされていない。

また、Haladyna et al. (2002) ではすべてのガイドラインについて実証的に妥当性を検討できていないという問題点がある。具体的に説明すると、高い割合で教科書に反映されているようなガイドラインに関しては、それ以上妥当性の確認を行っていない。この点に関しては著者らも研究の限界点として認めており、その理由の1つとして、多肢選択式問題の項目作成については基盤となる実証的な研究が少ないことを挙げている。

しかし、Haladyna et al. (2002) 以降、これらの錯乱肢に関する2つのガイドラインについて、実証的な研究による検証が行われている。そこで、ここからはHaladyna et al. のガイドラインのうち、「できるだけ多くの錯乱肢を作成する」について検証を行った Shizuka, Takeuchi, Yashima, and Yoshizawa (2006) と、「錯乱肢はできるだけもっともらしくする」について検証を行った Ushiro et al. (2007) を概観する。

まず、適切な錯乱肢の数について検討を行った Shizuka et al. (2006) である。彼らは、日本人大学生を対象にして実験を行い、プレイメントテストにおける多肢選択式問題にて提示される選択肢の数の影響を検証した。彼らは手法として項目応答理論に基づいた統計的分析を行い、多肢選択式問題の選択肢の数について3択と4択の場合を比較した。その結果、多肢選択式における選択肢は正答選択肢も含めて3択で十分であると結論づけた。すなわち、「できるだけ多くの錯乱肢を作成する」という抽象的なガイドラインが、「多肢選択式問題の錯乱肢は少なくとも2つは必要であるが、3つ以上は2つの場合と変わらない」というより具体的な形になったということが示唆される。

次に、錯乱肢のもっともらしさについて検討を

行った Ushiro et al. (2007) を概観する。彼らは、錯乱肢に関する先行研究 (Drum, Calfee, & Cook, 1981) に基づいて、読解テストにおける錯乱肢のもっともらしさの指標として以下の6つの要素を定めた。

- (1) 錯乱肢に含まれる語数
- (2) 錯乱肢に含まれる内容語の割合
- (3) 錯乱肢に含まれるテキスト中で用いられていない内容語の割合
- (4) 錯乱肢に含まれる否定語の総数
- (5) 錯乱肢に含まれる前置された語の総数
- (6) 錯乱肢に含まれる照応語の総数

その上で、異なる質問タイプから構成される多肢選択式読解問題を日本人大学生に解答させた。そして、もっともらしさに関する要素の中で、どの要素が受験者の錯乱肢への引きつけられやすさに影響するかを調べた。その結果、質問タイプによってはこれらの要素の一部がもっともらしさの指標として機能していたが、読解テスト全体としてはいずれの要素も指標として機能していないことがわかった。彼らが用いた要素はすべて錯乱肢の表面的な形式 (Drum et al., 1981) によるものであったが、錯乱肢のもっともらしさはこのような表面的な要素とは異なることが明らかにされた。

ここまで見てきたように、先行研究の概観からは、錯乱肢の性質、とりわけ錯乱肢のもっともらしさに関しては検証が不十分であることが示唆される。そこで、本研究は錯乱肢のもっともらしさの観点から、より効果的に機能する錯乱肢の性質について検証を行う。Ushiro et al. (2007) が示しているように、錯乱肢のもっともらしさとして表面的な要素の検討では不十分であることから、本研究では錯乱肢の本質的な観点を取り入れる。多肢選択式問題の錯乱肢の役割が、正答できる能力がない受験者が当て推量によって正答選択肢を選ぶことを防ぐことであるとすれば、受験者が一見して正答選択肢だと思ふような錯乱肢であるほど効果的に機能するものと考えられる。一般的な読解テストにおいて、受験者はテキストを読解した上で設問に解答することが求められる。すなわち、多肢選択式問題における正答選択肢に関する情報は、そのテキスト中に対応する記述があるということである。すると、受験者が引きつけられやすい効果的な錯乱肢とは、受験者がテキスト

を読んで設問に解答する際に、対応する情報がテキスト中で記述されていたと思ふような錯乱肢であると考えられる。そのため、本研究では、読解テストにおいて受験者の記憶に残りやすい情報と残りにくい情報を錯乱肢として提示し、記憶への保持されやすさが錯乱肢の機能にどのように影響するかを検証する。

## 2.2 テキスト情報の記憶への保持されやすさ

それでは、テキストにおいて読み手の記憶に残りやすい情報とはどのような情報だろうか。先行研究においては母語話者を対象とした読解研究から、さまざまな手法およびモデルが提案されている。本節ではその中でも、物語文法、因果ネットワーク分析およびイベント索引化モデルに関して概観を行う。

まず、物語文法であるが、これは物語文がどのような情報から構成されているかを複数の規則を用いて説明するものである。物語は設定、テーマ、プロット、解決という4つの大きな要素から構成されるとしており、テキスト中においてこの4つの要素に関して中心的である情報は、記憶に残りやすいと言われている (Throndyke, 1977)。例えば、設定を例に挙げる。この設定という要素は登場人物、場所および時間によって構成されると規定されている。すると、物語の設定に関する情報の中でも、特に登場人物、場所および時間に関する情報は読み手の記憶に保持されやすいと考えられるということである。

次に、因果ネットワーク分析である。因果ネットワーク分析とは、物語文中で記述されている情報がどのように連結しているかを、因果関係の観点から明らかにするものである。この分析方法に従えば、物語文は命題単位で構成され、各命題が他の命題とどの程度因果的に結びついているかが、その命題の重要性を規定する。具体的には、ある命題が物語において因果的に主要な情報であるか、またある命題が他の命題とどの程度因果的に連結しているかという2つの観点から分析が行われる。そして、テキスト中において因果的に主要な情報であって、さらに多くの命題と因果的に結びついている命題は重要な情報として判断されるという (Trabasso & Sperry, 1985)。この因果ネットワーク分析に関しては、第二言語学習者の読解に応用した研究も多数行われている (Horiba, 1993, 1996; Ushiro et al., 2010)。

最後にイベント索引化モデルである。イベント索引化モデルによれば、テキスト読解における読み手の理解は5種類の要素によって構成されるという(Zwaan, 1999; Zwaan, Langston, & Graesser 1995)。この5種類の要素とは、登場人物に関する情報(同一性)、時間に関する情報(時間性)、場所に関する情報(空間性)、因果関係に関する情報(因果性)、そして登場人物の目的に関する情報(意図性)である。このモデルに従えば、テキスト情報は節単位によって構成され、テキスト中においてこれらの要素が連続している節ほど、記憶の中に統合されやすいという(Zwaan & Radvansky, 1998)。このイベント索引化モデルを第二言語学習者に応用した研究として、Takaki (2010, 2011)がある。Takaki (2010)においては、Zwaan, Langston, and Graesser (1995)のマテリアルと研究手法を用いて第二言語学習者を対象にした実験を行い、イベント索引化モデルが第二言語学習者の読解プロセスの検証に応用可能であることを示した。次に、Takaki (2011)においては、上述した5つの要素の連続性が第二言語学習者の読解時間と読解後の理解にどのように影響するかを検証した。その結果、5つの要素が連続している情報の方が処理に要する時間が短く、より理解されていたということがわかった。すなわち、テキスト中において5つの要素が連続している情報は、第二言語学習者を含めて、読み手の記憶に統合されやすく保持されやすいということが示唆された。

これらの手法のうち、本研究ではイベント索引化モデルの因果性の観点から、テキスト中において記憶に保持されやすい情報の規定を行う。その理由として、主な読解テストで出題されているテキストは説明文が比較的多いためである。そもそも、物語文法および因果ネットワーク分析は物語文を対象にしたモデルであり、説明文への応用可能性は未知数である。また、イベント索引化モデルの中でも因果性のみには絞った理由としては、イベント索引化モデルは説明文にも応用した研究はあるものの(井関・川崎, 2006)、説明文においては意図性をはじめとして5つの要素すべてが記憶への保持されやすさを規定する要因として同様に機能するとは考えにくいためである。また、説明文における読み手の記憶への保持に影響する要因の1つとして、因果関係に関する修辭構造が指摘されていることから(Carrell, 1984)、テキスト情報の記憶への保持されやすさを因果性によ

て規定することは妥当性が高いものと考えられる。

よって、本研究ではイベント索引化モデルの因果性の枠組みを使用して、テキストにおける情報の保持されやすさについて分析を行う。そして、その結果に基づいて、記憶に残りやすい錯乱肢とそうでない錯乱肢の作成を行うことにする。

## 3 調査 1

### 3.1 調査 1 の目的

本調査では、現在運用されている主流な読解テストを対象として、各項目に錯乱肢の記憶への保持されやすさの観点かどの程度反映されているのかを明らかにする。また、調査結果をテスト間で比較することによって、テストごとの錯乱肢に関する特徴とその理由についても検討を行う。

### 3.2 マテリアル

現在運用されている読解テストの中から、以下の3つの条件に従って調査対象とするテストの選定を行った。

- (1) 解答形式が多肢選択式であること
- (2) 受験者の人数が多いこと
- (3) 正答選択肢と対応するテキスト記述が明確であること

これらの条件のうち、(3)に関して補足する。この条件を加えた理由は、正答選択肢自体がテキスト中に明確に記述されていない問題の場合は、錯乱肢に関してもテキスト中に対応する記述が存在しないものと考えられるためである。例としては、テキストに明示的に書かれていない情報を解答するような問題などが挙げられる。そこで、本研究では読解テストの質問タイプについて分類を行っている清水(2005)に基づき、明示的な内容を問うパラフレーズ質問が多く出題されているテストを選定することにした。

その結果、英検準2級および2級(日本英語検定協会, 2009, 2010; 旺文社, 2010a, 2010b)、センター試験(教学社, 2010)およびTOEIC(国際ビジネスコミュニケーション協会 TOEIC 運営委員会 [以下、TOEIC 運営委員会], 2008, 2009)の3種類を調査対象のテストとした。ただし、これらのテストの中で

も各テストにおいてテキストの内容と唯一合致していない選択肢を解答させる問題や、テキスト全体のテーマを問うている問題などは分析から除外することにした。各テストの項目数などの詳細については表2を参照されたい。

■表2：調査1にて分析されたテストの詳細

テスト名	英検	センター	TOEIC
分析対象	過去2年分	過去3年分	模擬テスト4回分
項目数	43	25	30

### 3.3 手順

2名の調査者により、各テストの項目に含まれるすべての錯乱肢について、テキスト中に対応する記述が含まれているかどうかを判断した。その際、錯乱肢とテキスト中の記述間で用いられている語や句が同一でなかったとしても、錯乱肢の記述を言い換えることでテキスト中の記述と対応していると考えられる場合には、その錯乱肢にはテキスト中に対応する記述があると判断した。

### 3.4 結果と考察

調査者2名が独立してすべての項目の評価を行ったところ、2名の評価の一致度は評価項目数の95.2%であった。また、テストごとの一致度は、英検が100.0%、センター試験が96.0%、そしてTOEICが87.7%であり、十分な信頼性が得られた。また、不一致は議論にて解決した。

次に、各テストにおいて錯乱肢と対応した情報がテキスト中の記述に含まれている割合であるが、表3のようになった。すなわち、錯乱肢と対応している記述がテキストに含まれている場合があまり多くないことがわかった。このことは、現在運用されている主要な読解テストにおいて、錯乱肢を作成する

■表3：調査1の結果

テスト名	英検	センター	TOEIC
錯乱肢の総数	129	75	90
対応する錯乱肢の数	0	8	18
対応しない錯乱肢の数	129	67	72
対応する錯乱肢の割合	0%	10.6%	20.0%

際に受験者の記憶保持の観点はあまり考慮されていないということがわかる。

ただし、テストごとの割合を細かく見てみると、テスト間で傾向が異なることがわかる。具体的には、英検においては錯乱肢と対応した記述がテキスト内に全く含まれていない一方で、TOEICでは20%の錯乱肢と対応する記述がテキスト中に存在している。このような差異が生じた理由として考えられることとしては、各テストにおける選択肢の提示単位の影響が大きいものと考えられる。

例えば、英検およびセンター試験では選択肢が節および文単位で提示されている問題が多く見受けられる。この場合、錯乱肢と対応した情報の一部はテキスト記述に含まれているものの、錯乱肢と完全に一致している記述はテキスト中には見られない。すなわち、テキストの記述そのままではなく、それに一部変更を加えた選択肢が錯乱肢として多く出題されているということである。下記の例1は英検の問題からの抜粋である。

例1：英検で出題された項目（日本英語検定協会、2009）

読解テキストの該当部分：

Edinburgh, the capital city of Scotland, is famous for its festivals. The city's largest festival, called Edinburgh Festival Fringe, is held in August every year. It is the largest arts festival in the world. There are many types of performances at the Edinburgh Festival Fringe, such as comedy, theater, music and dance. In 2008, there were over 2,000 different shows.

設問：

What happens in Edinburgh every August?

選択肢：

- (1) A concert is given by 2,000 people.
- (2) Scotland's largest food festival is held.
- (3) Comedians, musicians, and dancers perform.
- (4) People come to see the city's famous castle.

この問題の正答選択肢はテキスト本文中の下線部と対応する(3)である。残りの錯乱肢に関して詳細に見ていくと、いずれの錯乱肢に関してもテキストに

全く書かれていない情報で構成されているというわけではないものの、テキストに書かれていない情報が少なからず含まれている。具体的に見ていくと、(1)に関しては 2,000 people という情報がテキスト中と対応していない。(2)については、food festival が、そして(4)については famous castle がテキスト中には記述されていない情報である。

それに対して、TOEIC では選択肢が語および句単位で提示されている問題が多く見られる。この場合、錯乱肢と完全に対応した記述がテキストに含まれていることが多いようだ。下記の例 2 は TOEIC の問題からの抜粋である。

例 2 : TOEIC の項目 (TOEIC 運営委員会, 2009)

読解テキストの該当部分 :

Posted by: John Dietrich

Date: April 16, 09:22

Ometro Electric is known for the high quality of its household and kitchen appliances, and, as the owner of an Ometro microwave oven, I decided to buy a top-of-the-line Ometro refrigerator for my newly remodeled kitchen. Like other Ometro kitchen appliances, the OM2010 is a high-priced item. But despite the cost, I purchased this model because it was the most spacious one available. (中略) I had been planning to buy an Ometro washing machine as well, but after this unsatisfactory experience, I think I will choose a different brand.

設問 :

What product is being reviewed?

選択肢 :

- (1) A microwave oven
- (2) A refrigerator
- (3) A bookcase
- (4) A washing machine

今回の正答選択肢はテキスト本文中の下線部の情報をパラフレーズすることで解答できる(2)である。(3)に関してはテキスト中に対応する記述が存在しない錯乱肢である。それに対して、(1)と(4)に関してはテキスト中に対応する記述自体は存在するものの、

設問の意図とは合致しない錯乱肢である。この例からわかるように、提示単位が小さい場合は錯乱肢と対応した記述がテキストに存在するケースがあると考えられる。

以上のように、今回分析を行った読解テストにおいては錯乱肢と対応した記述がテキストに含まれているというケースが少ないということがわかった。そして、この結果はテスト間で若干の違いがあったものの、その理由として選択肢の提示単位による可能性が示唆された。

本来であれば、調査 1 においては錯乱肢と対応した記述がテキスト中においてどのような性質を持っているかについて因果関係の観点から検証を行う予定であった。しかし、錯乱肢がテキスト中の記述と完全に対応している項目がほとんどなかったことから、そもそもテストにおける錯乱肢には受験者の記憶における保持のされやすさという観点が存在していないものと考えられる。そこで、続く調査 2 においては、既存の読解テストの選択肢を改変し、テキスト中の記述と対応している選択肢を錯乱肢として含む項目を作成する。そして、従来の錯乱肢、記憶に保持されやすい錯乱肢および記憶に保持されにくい錯乱肢から構成される読解問題を日本人英語学習者に解答させる。そして、従来の錯乱肢と比べて、記憶への保持されやすさが考慮された 2 つの錯乱肢がどの程度受験者を引きつけているかを明らかにする。

## 4 調査 2

### 4.1 調査 2 の目的

調査 1 の結果、従来の読解テストにおいて、錯乱肢情報の記憶への保持されやすさという観点はほとんど考慮されていないということがわかった。そこで、本調査では従来の読解テストの選択肢に改変を加えた。4 択問題の錯乱肢として、従来の錯乱肢、記憶に保持されやすい錯乱肢および記憶に保持されにくい錯乱肢を提示し、受験者が各選択肢を選んだ割合を明らかにする。また、本調査では受験者の総得点によって受験者を得点上位群と得点下位群への分類を行う。そして、受験者のパフォーマンスによって、記憶への保持されやすさが反映された錯乱肢の機能がどのように異なるかについても併せて検

証を行う。

## 4.2 協力者

日本人大学生45名が調査に参加した。ただし、協力者のうち制限時間内ですべての項目に回答できなかった者、および過去に同じ問題に解答した経験のある者の計2名のデータは分析から除外した。協力者の専攻は多岐にわたっている。

## 4.3 マテリアル

### 4.3.1 使用したテスト

調査1にて分析を行った、英検準2級および2級の読解問題の中から5つの読解問題（今回の調査に使用するテストとして不適切と考えられる1項目を除いた計19項目）を基盤となるテストとして選出した。その上で、これらの錯乱肢をテキスト記述に対応した記憶に保持されやすい情報と保持されにくい情報に改変したテストをマテリアルとして使用した。

英検の読解問題を基盤のテストとして使用した理由は以下の2点である。

- (1) すべての項目において、既存の錯乱肢にはテキスト記述と対応するものが存在しない
- (2) 選択肢の提示単位が節および文で統一されている

まず(1)についてであるが、調査1で分析を行ったように、英検の読解問題においてはテキスト中に含まれている記述が錯乱肢として提示されている問題が存在していない。本調査では、従来の錯乱肢と比較して記憶に残りやすい情報および記憶に残りにくい情報を錯乱肢として提示した場合の影響を検証するためである。従来の錯乱肢と比較することで、記憶へ保持されやすさを考慮した錯乱肢がどの程度効果的に機能するかを明らかにできると考えられる。

次に(2)についてである。調査1において明らかになったこととして、英検の読解問題の選択肢は節単位もしくは文単位で構成されているということがある。上述したように、本調査では錯乱肢として提示する情報の記憶への残りやすさを、イベント索引化モデルの因果的関係の強さによって規定する。前述したように、イベント索引化モデルを用いた先行研究においては、情報の連続性を分析する情報の単位が節であることから、本調査も先行研究の手法にならって節単位で分析を行う。また、池田（1980）が指摘しているように、多肢選択式問題においては正

答選択肢を含めて選択肢は等質なものにそろえる必要性があるという。そのため、正答選択肢も含めて提示単位が節および文で統一されている英検の読解問題が最適であると考えた。

### 4.3.2 錯乱肢の作成

イベント索引化モデルに基づいた先行研究に従い、すべての読解問題のテキストを節ごとに分割した。各テキストの特徴については表4のとおりである。また、今回の調査にて使用した読解テストのテキストについては、資料として掲載してある。

■ 表4：調査2で用いた読解テストのテキストの特徴

テキストのタイトル	総語数	節数	読みやすさ
Camels in Australia	294	35	7.6
The Muppet Maker	301	38	8.4
Quake Computing	371	40	10.5
Trees From the Sky	345	36	8.1
The Noisy Ocean	360	38	8.8

(注) 読みやすさは Word (2010) を用いて算出された Flesh-Kincaid Grade Level を指す。

記憶への保持されやすさの分析として、各テキストにおいて、ある節とその他すべての節に関して因果的連続性があるかを評価した。評価にあたっては Zwaan, Langston, and Graesser (1995) に従い、ある節の組み合わせにおいて、一方の節の出来事が生じることで、もう一方の節の出来事も生じるという関係が成立する場合は1点、そうでなければ0点を与えるという方法を採用した。調査者2名が独立して各テキストにおける30%の組み合わせについて評価を行ったところ、評価項目数における評価の一致度は89.8%であり、十分な値が得られた。調査者間で一致していなかった点は議論にて解決した後、残り70%の分析に関しては1名の調査者が評価を行った。その後、節ごとに他のすべての節との得点を合計した値を因果的連続性の得点として算出した。

この因果的連続性の得点に基づき、各テキストにおける節を3群（因果性高群、因果性中群、因果性低群）に分類した。各テキストにおける因果性得点の記述統計は表5のとおりである。

■ 表 5：テキストごとの因果性得点の記述統計

タイトル	因果性	n	M	SD
Camels in Australia	高群	11	9.06	1.75
	中群	10	3.06	0.84
	低群	14	1.39	0.93
The Muppet Maker	高群	12	9.83	2.21
	中群	10	5.10	0.86
	低群	16	1.19	0.83
Quake Computing	高群	13	4.77	0.83
	中群	13	2.69	0.48
	低群	14	0.50	0.52
Trees From the Sky	高群	14	6.57	3.13
	中群	9	4.00	0.00
	低群	13	1.69	1.18
The Noisy Ocean	高群	13	14.15	1.72
	中群	10	7.50	3.03
	低群	15	0.27	0.46

そして、各テキストにおいて、この3群間で因果的連続性の得点が有意に異なっているかを確認するべく、一元配置分散分析を行った。その結果、すべてのテキストにおいて、これらの3群間では因果性得点に有意な差があることが示された。一元配置分散分析の結果については、表6のとおりである。

■ 表 6：因果性得点に関する一元配置分散分析の結果

タイトル	df	SS	MS	F	p
Camels in Australia	2	406.58	203.29	135.08	< .001
誤差	32	48.16	1.51		
The Muppet Maker	2	512.91	256.45	126.41	< .001
誤差	35	71.00	2.03		
Quake Computing	2	123.02	61.51	156.13	< .001
誤差	37	14.58	0.39		
Trees From the Sky	2	160.80	80.40	18.40	< .001
誤差	33	144.20	4.37		
The Noisy Ocean	2	1347.64	673.82	194.70	< .001
誤差	35	121.13	3.46		

そこで、各群間の平均に有意差があるかを調べるべく下位検定を行った。等分散性が仮定されている場合は Tukey の HSD 法を、仮定されていない場合は Games-Howell 法を用いた。その結果、すべて

のテキストにおいて因果性高群、因果性中群、因果性低群の順で有意に因果的連続性の得点が低いことがわかった ( $p < .05$ )。すなわち、因果性高群の節は他の節よりも記憶に残りやすい情報であり、反対に因果性低群の節は他の節よりも記憶に残りにくい情報と考えられる。

次に、上記の分析結果に基づいて錯乱肢の作成を行った。受験者の記憶に保持されやすい錯乱肢として因果性高群の節を、記憶に保持されにくい錯乱肢として因果性低群の節を使用した。既存の選択肢のうち、正答選択肢とランダムで残した従来の錯乱肢はそのまま使用し、残り2つの選択肢を因果性高群の節および因果性低群の節から作成した錯乱肢に置き換えた。ただし、テキスト中で用いられている節をそのまま選択肢として提示した場合に、他の選択肢と比べて明らかに異質であると考えられる錯乱肢については、池田 (1980) に従って修正を行った。

#### 4.4 手順

協力者は60分の制限時間ですべての問題に解答した。なお、辞書の使用は禁止された。

#### 4.5 採点と分析

本調査のマテリアルは多肢選択式問題であり客観的に正答が定まっていることから、採点に関してはすべての項目を調査者1名が行った。

また、分析に際して、本調査における有意水準は  $\alpha = .05$  として設定し、有意傾向については有意でないものとして判断することにした。後述するように、本調査では、協力者の総得点 (被験者間要因) および選択肢の種類 (被験者内要因) を独立変数とした2元配置の分散分析を行う。その際、球面性が仮定されない要因については Greenhouse geisser 法による修正を採用することにした。また、多重比較においては Bonferroni 法による修正を行った。

#### 4.6 結果

##### 4.6.1 テストの信頼性

本調査で実施した19項目のテストについて信頼性係数を算出したところ、 $\alpha = .65$ であった。そのため、信頼性が低い4項目を除外したところ、15項目で  $\alpha = .74$ の値が得られ、ある程度の信頼性が確保された。



#### 4.6.2 テストの妥当性

Messick (1995) によれば、テストの妥当性には6つの側面があるという。(1)内容的側面、(2)本質的側面、(3)構造的側面、(4)一般化側面、(5)外的側面、(6)結果的側面である。各側面の詳細な定義については割愛するが、本調査でを使用したテスト項目は英検で使用されているものを用いているため、基本的にはテストとしての妥当性は満たされているものと考えられる。ただし、本調査ではこれらの妥当性の側面の中でも(5)外的側面に関して検証を行った。その理由として、錯乱肢を改変した項目の得点の妥当性については確認が必要であると考えたためである。

そこで、TOEIC Bridge の読解セクション (TOEIC 運営委員会, 2007) の得点と本調査の読解テストとの得点間で相関分析を行うこととした。本調査に参加した一部の協力者は参加できなかったものの、26名の協力者が TOEIC Bridge に解答した。相関分析の結果  $r = .39$  ( $p = .047$ ) という相関係数が得られた。これにより、本調査でを使用した読解テストが読解能力を測定しているという妥当性がある程度確認された。相関係数の値はそれほど高くなかったが、このことについては、英検と TOEIC Bridge とではテストの質が異なるということが理由として考えられる。

#### 4.6.3 協力者の得点

分析対象とした15項目の得点の平均と標準偏差は表7のとおりである。また、合計得点に従って協力者を得点上位群と得点下位群に分類している。

■ 表7：得点群ごとの協力者の得点

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
得点上位群	23	12.30	1.72
得点下位群	20	8.05	2.01
協力者計	43	10.33	2.83

(注) 最高点は15点。

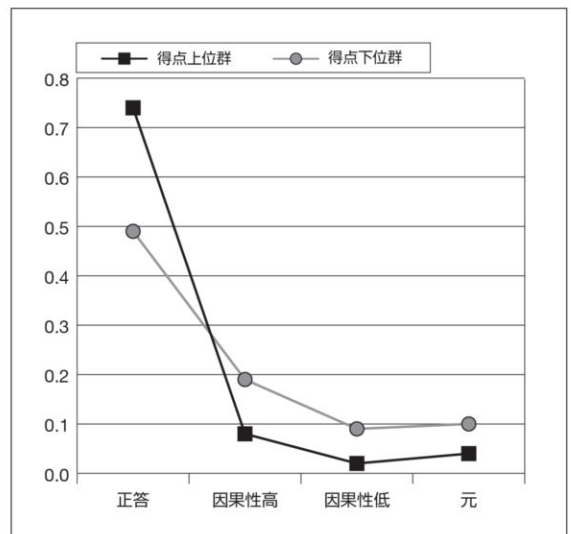
#### 4.6.4 各選択肢を選択した割合

表8は選択肢を選んだ割合に関する記述統計を示している。協力者ごとに各選択肢を選択した割合を従属変数とし、2 (総得点：上位、下位) × 4 (選択肢の種類：正答選択肢、因果性高選択肢、因果性低選択肢、従来の選択肢) の二元配置分散分析を

行った。その結果、得点の主効果は有意ではなかったが [ $F(1, 41) = 2.602, p = .114$ ]、選択肢の種類の主効果 [ $F(2.21, 90.41) = 460.09, p < .001$ ] および得点 × 選択肢の種類 of 交互作用 [ $F(2.21, 90.41) = 41.76, p < .001$ ] は有意であった。図1は結果をグラフに示したものである。

■ 表8：得点群ごとの各選択肢を選んだ割合

	得点上位群		得点下位群	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
正答	.74	.08	.49	.10
因果高	.08	.06	.19	.07
因果低	.02	.03	.09	.07
元	.04	.04	.10	.10



▶ 図1：得点群ごとの各選択肢を選んだ割合

得点 × 選択肢の種類 of 交互作用が有意であったために下位検定を行った。まず、各選択肢が選ばれた割合を熟達度間で比較を行った。その結果、すべての選択肢に関して熟達度間で有意差が見られた。具体的には、正答選択肢 ( $p < .001$ ) のみが得点下位群よりも得点上位群の方が選択した割合が有意に高く、残りの因果性高選択肢 ( $p < .001$ )、因果性低選択肢 ( $p < .001$ ) および元錯乱肢 ( $p = .012$ ) については得点下位群の方が得点上位群よりも多く選択していたということがわかった。

しかし、得点上位群は正答選択肢を多く選択していることが明らかであるため、得点上位群が得点下位群よりも正答選択肢を多く選択しているという結果は当然の結果である。また、他の錯乱肢において

得点下位群の方が得点上位群よりも選択する割合が高かったことも同様である。すなわち、得点上位群は正答選択肢をより多く選択しているために、得点下位群よりも錯乱肢を選択している割合が低くなるということである。

次に、各選択肢が選ばれた割合を得点群ごとに比較した。図1からもわかるように、得点にかかわらず正答選択肢に関しては他の錯乱肢よりも有意に選択されている割合が高かった（得点上位群、得点下位群ともに $p < .001$ ）。また、協力者の得点にかかわらず、因果性低選択肢は元錯乱肢および因果性高選択肢よりも有意に選ばれている割合が低かった。このことは、因果性低選択肢は錯乱肢として選択される割合が低く、他の錯乱肢と比べて錯乱肢としての働きが弱い可能性を示唆している。

これに対し、元錯乱肢と因果性高選択肢が選択された割合に関しては得点群間で異なる結果が得られた。得点上位群においては、因果性高選択肢が選択された割合と元錯乱肢が選択された割合に有意差が見られなかった一方で（ $p = .085$ ）、得点下位群においては因果性高選択肢が元錯乱肢よりも有意に多く選択されていた（ $p = .003$ ）。このことから、因果性高選択肢は得点上位群に対して元錯乱肢と同程度の働きをしている一方で、得点下位群において因果性高選択肢は元錯乱肢よりも効果的な錯乱肢として機能していたことがわかる。

#### 4.7 結果のまとめと考察

本調査によって得られた主な結果は以下の2点である。

- (1) 記憶に残りにくい錯乱肢は受験者の得点にかかわらず、錯乱肢として効果的には働かない。
- (2) 記憶に残りやすい錯乱肢は、低得点の受験者においては元錯乱肢よりも効果的に機能するが、高得点の受験者においては元錯乱肢と同程度である。

まず、(1)についてであるが、この点は先行研究から予測された結果と一致している。前述したように、今回使用した英検の問題では正答選択肢はテキストに明示的に記述されている情報である。したがって、記憶に残りにくいような選択肢は錯乱肢として引きつけられにくく、あまり効果的に機能しなかったものと思われる。

次に、(2)についてである。記憶に残りやすい選択肢は特に低得点者群で有効に機能していたが、これは先行研究からの予測どおり、受験者が選択肢から正答を選択する際に、記憶の中に強く保持されていた情報に引きつけられたためであろうと考えられる。

それに対して、高得点者群においてはこのような影響は見られなかった。テストにおいてある程度の得点を取ることのできる受験者の場合は、記憶に保持されやすい情報であったとしても、必ずしもそれだけの要因では錯乱肢として引きつけられるわけではないものと考えられる。

## 5 結論と今後の課題

本研究は調査研究（調査1）と実証研究（調査2）という2つの調査を通じて、多肢選択式問題における錯乱肢の性質を受験者の記憶への残りやすさという観点から検証を行ったものである。

まず、調査1においては、英検、センター試験およびTOEICの3つの読解テストを対象にして、それぞれのテストの錯乱肢に受験者の記憶への保持という観点が反映されているかを調査した。その結果、選択肢の提示単位の差異により、テスト間では傾向の違いが見られたものの、基本的には既存のテストにおける錯乱肢には記憶への残りやすさが考慮されていないということがわかった。

そこで、調査2では、実際に受験者の記憶への保持されやすさを反映した選択肢を錯乱肢として提示し、記憶に残りやすい情報からなる錯乱肢と記憶に残りにくい情報からなる錯乱肢が、効果的に機能するかどうかを明らかにした。その結果、記憶に残りにくい情報からなる錯乱肢は、受験者の得点にかかわらず、既存の錯乱肢よりも受験者を引きつけにくいということがわかった。すなわち、多肢選択式問題の錯乱肢においては、受験者の記憶に残りにくい情報を錯乱肢として提示するのはあまり効果的ではないことが示唆された。

それに対して、記憶に残りやすい情報からなる錯乱肢の機能は受験者の得点によって異なっていた。すなわち、高得点者群においては、記憶に残りやすい情報からなる錯乱肢が選択された割合は既存の錯乱肢と同程度であった。しかし、低得点者群におい

では、既存の錯乱肢よりも記憶に残りやすい情報からなる錯乱肢が選択された割合が高かった。つまり、高得点者群は、記憶に残りやすいという性質だけではその錯乱肢を選択しないが、低得点者群は記憶に残りやすい情報であれば優先的にその錯乱肢を選択してしまう傾向があるということである。これらの結果は、先行研究からの予測をおおむね支持するものであった。

最後に、本研究の限界として本研究で作成したテストの信頼性、妥当性、項目数、一般化可能性が必ずしも十分でなかったことを挙げる。特に、今回用いたテストは英検の読解テストを基盤としているため、本研究の結果を英検の形式の読解テストに応用することはできるが、読解テスト一般への応用に関しては今後も追調査が必要であろうと思われる。本調査が焦点を当てた記憶への残りやすさの観点に限らず、多肢選択式問題における効果的な錯乱肢の性

質に関しては引き続き実証的な研究が行われる必要があるだろう。

## 謝 辞

本研究の機会を与えてくださいました(財)日本英語検定協会の皆様、選考委員の先生方に厚く御礼申し上げます。特に、私の研究を担当して下さった池田央先生には貴重なご助言を賜りましたこと深く感謝申し上げます。

また、研究の実施から報告書の作成に至るまで貴重なご助言をくださいました筑波大学大学院の卯城祐司先生、同大学院博士課程の甲斐あかりさん、清水遥さんに心よりお礼を申し上げたいと思います。

また、本調査の実施に際してご協力をいただきました多くの学生の皆様に改めて感謝申し上げます。本当にありがとうございました。

## 参考文献 (\*は引用文献)

- \* Carrell, P.L. (1984). The effects of rhetorical organization on EFL readers. *TESOL Quarterly*, 18, 441-469.
- \* Drum, P.A., Calfee, R.C., & Cook, L.K. (1981). The effects of surface structure variables on performance in reading comprehension tests. *Reading Research Quarterly*, 16, 486-514.
- \* Haladyna, T.M., Downing, S.M., & Rodriguez, M.C. (2002). A review of multiple-choice item-writing guidelines for classroom assessment. *Applied Measurement in Education*, 15, 309-334.
- \* Horiba, Y. (1993). The role of causal reasoning and language competence in narrative comprehension. *Studies in Second Language Acquisition*, 15, 49-81.
- \* Horiba, Y. (1996). Comprehension processes in L2 reading: Language competence, textual coherence, and inferences. *Studies in Second Language Acquisition*, 18, 433-473.
- \* 池田央. (1980). 「新しいテスト問題作成法」. 東京: 第一法規出版.
- \* 井関龍太・川崎恵里子. (2006). 「物語文と説明文の状況モデルはどのように異なるか—5つの状況次元に基づく比較—」. 『教育心理学研究』, 54, 464-475.
- \* Kim, J., Chi, Y., Huensch, A., Jun, H., Li, H., & Roullion, V. (2010). A case study on an item writing process: Use of test specifications, nature of group dynamics, and individual item writers' characteristics. *Language Assessment Quarterly*, 7, 160-174.
- \* 国際ビジネスコミュニケーション協会 TOEIC 運営員
- 会 (編). (2007). 「TOEIC Bridge 公式ガイド & 問題集」. 東京: 大日本印刷.
- \* 国際ビジネスコミュニケーション協会 TOEIC 運営員会 (編). (2008). 「TOEIC テスト新公式問題集 vol.3」. 東京: 大日本印刷.
- \* 国際ビジネスコミュニケーション協会 TOEIC 運営員会 (編). (2009). 「TOEIC テスト新公式問題集 vol.4」. 東京: 大日本印刷.
- \* 教学社 (編). (2010). 「センター試験過去問研究英語」. 東京: 教学社.
- Magliano, J., Zwaan, R., & Graesser, R. (1999). The role of situational continuity in narrative reading. In H. Van Oostendorp & S.R. Goldsman (Eds.), *The Construction of Mental Representation During Reading* (pp. 219-245). NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- \* Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist*, 50, 741-749.
- \* Microsoft Office Professional Academic (Version 2010) [Computer Software]. Redmond, WA: Microsoft.
- \* 日本英語検定協会. (2009). 「STEP 英検」. Retrieved from <http://www.eiken.or.jp/exam/index.html>.
- \* 日本英語検定協会. (2010). 「STEP 英検」. Retrieved from <http://www.eiken.or.jp/exam/index.html>.
- \* 旺文社 (編). (2010a). 「英検準 2 級全問題集」. 東京: 旺文社.
- \* 旺文社 (編). (2010b). 「英検 2 級全問題集」. 東京: 旺文社.

- \* 清水真紀.(2005).「リーディングテストにおける質問タイプ—パラフレーズ・推論・テーマ質問と処理レベルの観点から—」. *STEP BULLETIN*, vol.17, 48-62.
- \* Shizuka, T., Takeuchi, O., Yashima, T., & Yoshizawa, K. (2006). A comparison of three- and four-option English tests for university entrance selection purposes in Japan. *Language Testing*, 23, 35-57.
- \* Takaki, S. (2010). Investigating EFL learners' mental representations with the verb-clustering test. *JLTA Journal*, 13, 163-175.
- \* Takaki, S. (2011). Effects of situational continuity on reading time of Japanese EFL learners. *KATE Journal*, 25, 53-62.
- \* Thronkye, P.W. (1977). Cognitive structures in comprehension and memory of narrative discourse. *Cognitive Psychology*, 9, 77-110.
- \* Trabasso, T., & Sperry, L.L. (1985). Casual relatedness and importance of story events. *Journal of Memory and Language*, 24, 595-611.
- 卯城祐司(編).「英語リーディングの科学」. 東京：研究社.
- \* Ushiro, Y., Morimoto, Y., Hijikata, Y., Watanabe, F., Kai, A., Shimizu, H., Koga, T., Ohno, M., Umehara, C., Hamano, Y., Narumi, T., Tao, N., Shimada, S., Kiyama, M., Suzuki, R., Kurisu, Y., & Gomi, N. (2007). What makes distractors plausible in multiple-choice reading tests? *JLTA Journal*, 10, 56-67.
- \* Ushiro, Y., Shimizu, H., Kai, A., Nakagawa, C., Takaki, S., Kobayashi, M., Satake, N., & Takano, D. (2010). Effects of networks on on-line and off-line narrative comprehension among Japanese EFL readers, *JACET Journal*, 51, 39-53.
- \* Zwaan, R.A. (1999). Five dimensions of narrative comprehension: The event-indexing model. In S.R. Glodman, A.C. Graesser, & P. van den Broek (Eds.), *Narrative comprehension, causality, and coherence: Essays in honor of Tom Trabasso* (pp.93-110). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zwaan, R.A., & Brown, C.M. (1996). The influence of language proficiency and comprehension skill on situation-model construction. *Discourse Processes*, 21, 289-327.
- \* Zwaan, R.A., Langston, M.C., & Graesser, A.C. (1995). The construction of situation model in narrative comprehension: An event-indexing model. *Psychological Science*, 6, 292-297.
- Zwaan, R.A., Magliano, J.P., & Graesser, A.C. (1995). Dimensions of situation model construction in narrative comprehension. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 386-397.
- \* Zwaan, R.A., & Radvansky, G.A. (1998). Situation models in language comprehension and memory. *Psychological Bulletin*, 123, 162-185.

## 資 料 .....

Camels in Australia	因果性
When people think of animals in Australia,	1
they usually think of kangaroos or koala bears.	2
So it is surprising to learn	4
that there are also many wild camels living in the country.	10
In fact, there are more wild camels living in Australia than in any other country in the world.	10
Camels were first taken to Australia in the middle of the 19th century.	2
They were brought from places like Africa and India.	2
Camels can travel up to 70 kilometers a day	3
and survive without water for a long time.	2
Because of this, people often used them in the deserts of central and western Australia,	6
where the weather is very hot and dry.	0
They rode the camels	2
and used them to carry goods over long distances.	3
This changed in the 1920s.	2
At that time, cars and trucks were becoming more common,	2
so the camels were no longer needed.	4
Most of them were set free in the desert by their owners.	11
Because there were no local animals	3
that killed camels for food,	5
their number grew very quickly.	10
According to some experts, there are now about 1 million wild camels living in Australia,	9
and their number is increasing rapidly each year.	10
In the past, when there were fewer camels,	0
they did not cause many problems.	0
Now, however, they have begun to harm trees and plants.	10
Also, when they move to areas of farmland,	2
they drink water	3
and eat grass	3
that is used for cows and sheep.	0
For these reasons, the Australian government wants to control their number.	12
One way to do this is to catch them so	7
that they can be kept on farms	2
and sold for their meat.	3
However, many of the camels will remain in the desert	8
and continue to remind people of Australia's interesting history.	5

The Muppet Maker	因果性
Most people in the United States are familiar with the puppets	13
that Jim Henson created for his TV shows.	6
Henson got his first part-time job in 1954,	1
while he was still a high school student.	0
He worked for a TV station in Washington, D.C., making puppets for a children's show.	2
Henson had been making puppets as a hobby	4
since he was a child,	0
so he was happy to get this job.	1
Later, when Henson was in college,	2
he worked on another children's show called <i>Sam and Friends</i> .	8
The puppets that Henson created for <i>Sam and Friends</i>	4
were different from the ones	6
that were usually seen on television at that time.	2
Most puppets on television were made of wood,	1
but Henson used materials like rubber and cloth to make his.	7
Because these materials are soft,	5
the puppets that Henson created	10
could be used to show a lot of different feelings.	13
He called these puppets "Muppets."	5
After Henson graduated from college,	1
he continued to make Muppets for TV shows and commercials.	9
Then, in 1969, he was asked to work on a new show called <i>Sesame Street</i>	8
that taught English, math, and everyday skills to young children.	0
The Muppets sang,	2
danced,	2
and had conversations with the actors.	2
The show was very successful,	9
and the Muppets became famous all over the United States.	10
Henson enjoyed working on <i>Sesame Street</i> ,	1
but he wanted to create shows	4
that would be watched by people of all ages.	5
He achieved this in 1976,	2
when he started a family variety show called <i>The Muppet Show</i> .	6
By 1978, it had over 235 million viewers in 106 countries.	7
Henson also made many other shows and several movies.	6
Jim Henson died in 1990,	0
but he will always be remembered for his Muppets,	12
which are loved by both children and adults around the world.	12

Quake Computing	因果性
When scientists record earthquakes,	1
they usually use machines called seismometers.	3
These machines are extremely sensitive to movement	3
and can record earthquakes	3
that are happening hundreds of miles away.	0
Unfortunately, they are very expensive.	5
As a result, there are relatively few of them,	3
and in many parts of the world they cannot be found at all.	3
Now, a team of researchers has come up with a new idea for recording earthquakes.	6
Their idea would use technology	0
that is already common in many computers.	2
Jesse Lawrence, a professor at Stanford University in California, is leading a project called the Quake-Catcher Network.	2
This is a plan to establish a worldwide network of computers connected to the Quake-Catcher central computer.	5
The network makes use of the simple devices called accelerometers	4
that are already installed in many laptop computers.	2
When a laptop is dropped,	4
the accelerometer reacts to the shock by stopping the hard drive.	5
It does this so	4
that the moving parts inside will not break.	2
The Quake-Catcher Network provides software to laptops so	6
that they can send a message to the central computer	4
whenever the accelerometer reacts to a movement.	6
A similar accelerometer can be attached to desktop computers, too, allowing them also to be included in the network.	0
The key to the project, according to Lawrence, is to have as many computers as possible report a motion at the same time.	1
If just one computer sends a message,	4
it probably only means	0
that someone has bumped into it accidentally.	1
If, however, a large number of computers all send a message at the same time,	5
it is likely	0
that something is happening in that area.	1
“If it is an earthquake,”	3
says Lawrence,	1
“we could potentially send out signals to those	4
who need them.”	0
Quake-Catcher will also allow researchers to compare the data on movements to the physical damage done in each area.	3
This will help them learn more about the effects of various types of earthquakes.	3
Although the number of computers connected worldwide at present is still small,	0
Quake-Catcher successfully recorded an earthquake in Los Angeles in July 2008.	1

If more computers join the network,	1
it may one day help warn people of earthquakes in time for them to escape to a safe place.	3

Trees From the Sky	因果性
The importance of forests to the environment has become clearer and clearer over time.	4
Not only do they provide a home for many animals,	1
but they also protect the soil	2
and prevent flooding.	2
Even more importantly, they absorb the carbon dioxide	1
that is one of the major causes of global warming.	0
Yet despite their importance, more and more forests are being cut down each year, either for wood or to provide land for farming.	3
One obvious solution to the loss of forests is to plant new trees to replace those	6
that are being lost.	4
Doing this by hand, however, is expensive and takes a lot of time.	5
Moreover, transporting the seeds of trees to areas that need replanting	5
can be very difficult.	4
As a result, traditional methods cannot replace all the trees	5
that are being lost each year.	3
One way to avoid these problems has recently been attracting attention — using airplanes to replant the forests.	5
In fact, this is not a new idea.	0
In the 1940s, airplanes were used to spread seeds over mountains in the United States.	13
Unfortunately, as much as 75 percent of the seeds were wasted.	5
Some of them were eaten by animals,	4
while others were blown away by the wind to areas	4
where they could not grow.	5
In the 1990s, U.S. scientist Moshe Alamaro came up with a way of overcoming these difficulties.	14
He designed a special container	5
that could hold a young tree along with some water and soil	5
in which it could grow.	5
When Alamaro's containers are dropped from an airplane,	3
they land with enough speed to become buried in the earth.	4
The container then slowly breaks down into the soil so	9
that the tree's roots can grow.	4
The advantages of this system are	4
that the trees are more likely to grow	4
and that many thousands of them can be dropped in a short time.	3
Now, some companies are taking up this idea.	5
They believe	0
that this method of planting trees will both help the environment and provide a source of wood	2
that people can use in the future.	2



The Noisy Ocean	因果性
One day in 2000, something strange happened in the islands of the Bahamas in the Caribbean.	10
A number of whales landed on the beaches.	13
Although some were saved,	0
six of them died.	13
Later, the United States government found	0
that the cause was the U.S. Navy's use of sonar.	6
Sonar is a system	0
in which sound waves are sent into the ocean to discover objects underwater.	8
These sounds had affected the whales' hearing, causing them to panic and try to escape from the noise.	17
Since then, many similar cases have been reported,	3
and today environmental groups are fighting to limit the use of sonar.	16
According to scientists, however, sonar is not the only sound	1
that is causing trouble in the oceans.	12
A survey carried out in 2003 in the ocean near California showed	1
that human beings are producing many different kinds of noise in the ocean.	12
Oil companies, for example, use dynamite to look for sources of oil under the ocean floor.	10
The majority of the noise, though, is caused by the increasing number of ships	12
that carry goods and people around the world.	0
The survey showed	1
that noise level underwater was 10 times higher than	9
it had been in the 1960s.	0
Scientists fear	2
the all this noise is having a negative influence on sea life.	14
In the darkness of the ocean, both fish and sea mammals use sounds to find their way around.	0
The noise made by humans makes this difficult.	15
One sign of the problem is	0
that whales and other creatures are increasingly crashing into ships,	14
probably because they have become confused.	16
Another sign is	0
that some whales are leaving areas	16
that they have used for thousands of years as places to feed and bring up their families.	0
Of course, nature also makes noises,	1
but according to Michael Stocker of Ocean Conservation Research in California, the sounds created by human activity are much more stressful than those made by nature.	11
He says	0
that one way to solve the problem would be to change the sounds into ones less harmful to animals.	7
First of all, though, he says,	0
we should limit the amount of sound	14
we put into the oceans.	9