

文脈を考慮したタグ付き対訳コーパス*

内元 清貴[†] 須藤 清[‡] 村田 真樹[†] 関根 聡[‡] 井佐原 均[†]

[†] 独立行政法人通信総合研究所

[‡] ニューヨーク大学

{uchimoto,murata,isahara}@crl.go.jp {sudo,sekine}@cs.nyu.edu

1 はじめに

近年、対訳コーパスを活用することにより機械翻訳の精度は徐々に向上してきた。しかし、これまでに用いられていた対訳コーパスはそのほとんどが前後の文脈とは切り離された対訳文の集合であった。このように文脈から切り離されて利用されてきたものには、二つ理由があると考えられる。ひとつは、文脈を考慮した自然な翻訳ができるようにすることを考える以前に、独立した1文の翻訳においても他に解決すべき問題が多く残されていたためである。もうひとつは、既存の対訳文書では、文の対応が1対1の関係となることは少なく、一般に関係が1対多あるいは多対多になる場合が多いため、文脈の影響を分析して翻訳に生かすということが難しかったためである。一方、Penn Treebank [1] や京大コーパス [2] などの高品質なタグ付きコーパスの出現により、自然言語処理の基礎技術である形態素・構文解析の精度も向上してきた。しかし、これらのタグ付きコーパスのほとんどは単言語のコーパスであり、対訳の情報は持たない。このように高品質な形態素・構文情報が付与された対訳コーパスがあまりなかったのは、これまで対訳コーパスの利用が盛んに行なわれてきたのは主に欧米の言語間の機械翻訳が中心で、言語構造が比較的似ているために単語や句の対応をとりやすく、構文構造の情報をあまり必要としなかったためであると考えられる。しかし、日英のように構文構造が異なる言語間では、英仏など構文構造が類似した言語間に比べて単語や句の自動対応付けは難しくなるため、構文構造の情報は必須となる。実際に、構文構造の情報を利用するとより良く対応付けできるという報告もある [3]。また、これまでの形態素・構文解析技術の精度向上は、タグ付きコーパスの存在に負うところが大きいことから、我々は、自動対応付け技術や構文情報を考慮した機械翻訳技術などの精度を向上させるためには、対訳コーパスにも同様に形態素・構文情報や単語・句などの対応情報などを付与するのが良いと考えている。このようなタグ付き対訳コーパスとしては、ATR の対話データベース [4] がある。しかし、対象が旅行対話に限られている。したがって、新聞記事のような様々な分野の文章を対象とした1文1対応のタグ付き対訳コーパスで、かつ、各対訳文が文脈から切り離されおらず、誰でも利用できる、ある程度の規模のものは、まだないと言える。

そこで、我々は、新聞記事を対象に、かつ、言語構造の異なる言語を対象として、数年前から次の条件を満たす対訳コーパスを作成している。(1) 文脈の影響を分析しやすい。(2) 現存する単言語コーパスにおける高品質なタグ情報を生かしやすい。(3) 自由に利用できる。これらの条件を満たす対訳コーパスにするため、既存の高品質なタグ付き単言語コーパスである、京大コーパス (Version 3.0) と Penn Treebank (Release 2) を対象

に、そこに含まれるテキストを1文1対訳となるよう、かつ、文脈を考慮して自然となるように熟練した翻訳者に翻訳してもらい、対象言語文における構文情報や言語間の部分対応の情報を付与している。以降で、この方針に従って作成した対訳コーパスを文脈を考慮したタグ付き対訳コーパスと呼ぶ。我々のグループでは、対象言語を日英中としているが、本稿では、そのうち日英を例にあげて説明する。また、この、文脈を考慮したタグ付き対訳コーパスの利用可能性について述べる。

2 文脈を考慮したタグ付き対訳コーパスの作成

2.1 文脈を考慮した翻訳

1 節に述べたように、高品質なタグ付き単言語コーパスを1文1対訳となるよう、かつ、文脈を考慮して自然となるように熟練した翻訳者に翻訳してもらうことによって、対訳コーパスを作成する。このように単言語コーパスを翻訳することによって対訳コーパスを作成すれば、既存の単言語コーパスに付与された情報が生かせるだけでなく、翻訳元のテキストが持つ権利にもよるが、著作権の問題がなく自由に使えるようになる。京大コーパスの場合は、翻訳されたテキストは自由に配布できる。Penn Treebank の場合は、LDC [5] から配布することが可能である。

翻訳は一貫性を保つために新聞記事の面情報を用いて面ごとに一人か二人の翻訳者を割り当て少人数で行なった。翻訳者に対する指示は基本的に次の通りである。

1. 1文1対訳の原則

和文1文に対し1英訳文を作成すること。ただし、この原則に従うことで英文が不自然になった場合は、コメントを残すこと。

2. 文脈を考慮した自然な翻訳

1文1対訳の原則を守るにより不自然になる場合を除いて、自然な英文に訳出すること。

原文の日本語を一部削除したり、置き換えや補足することによって、前文までの流れに沿った自然な英訳文にすること。

「それ」「あれ」「このような」などの指示代名詞や、和文における主語の省略に対しては、前文までの流れを考慮して必要に応じて別の語に置き換えたり、主語を補ったりすること。置き換えや補完にどのような品詞の語を用いるか、例えば、代名詞を用いるか、固有名詞を用いるか、についても前文からの自然な流れを考慮して決定すること。

1記事中で、意味が通るように、かつ、情報が欠落しないようにすること。

3. 固有名詞の訳について

固有名詞は人名・地名・時事用語辞典やインターネットなどで調べること。どうしても調べきれない訳語は仮訳の上、報告すること。

*Context Sensitive and Tagged Parallel Corpus

Kiyotaka Uchimoto[†], Kiyoshi Sudo[‡], Masaki Murata[†], Satoshi Sekine[‡], and Hitoshi Isahara[†]

[†]Communications Research Laboratory

[‡]New York University

これまでに、表 1 に示す文についての翻訳が終了している。このうち、1 文 1 対訳の原則を守ることによって若干不自然になったものは京大コーパスの英訳文のうち 207 文 (1%)、Penn Treebank の和訳文のうち 462 文 (2.5%) であった。

表 1: 対訳コーパスの内訳

翻訳元コーパス	文数
京大コーパス (Version 3.0)	19,669 文 (1995 年 1/1 から 1/17 まで)
Penn Treebank (Release 2)	18,318 文 (セクション 0 から 9 まで)
合計	37,987 文 (約 90 万英単語)

今後も京大コーパスの残りの 18,714 文と Penn Treebank の残りの 30,890 文についても継続して対訳コーパスの作成を行なう予定である。

2.2 形態素・構文情報、部分対応情報の付与

以降では、京大コーパスの 19,669 文に対して付与された情報について述べる。

2.2.1 形態素・構文情報

英訳文は、Charniak Parser [6] で解析し、その結果を手修正した。品詞やラベルの定義は、Treebank I style [1] に従った。手修正まで終了しているのは、1/1 から 1/11 までの 10,328 文である。

2.2.2 言語間の部分対応情報

対訳コーパスにできるだけ小さな単位で言語間の対応に関する情報が付与されていると、機械翻訳や翻訳支援、語学教育などの用途に利用しやすい。しかし、対応の単位を単語や形態素とすると、日本語の助詞や英語の冠詞などのように対応するものがない場合が多い。そこで、こういった対応のないものを吸収させてなるべく過不足なく対応を付けるために、もう少し大きい単位の文節を対応の単位とした。このとき得られる、文節を最小単位とする対応を文節単位対訳ペアと呼ぶ。この文節単位対訳ペアと構文情報をもとに、文節より大きい単位の対応も自動抽出できる。このとき得られるすべての対応を文節単位対訳ペアも含めて対訳ペアと呼ぶ。慣用表現のように文節を単位としても対応が不自然になる場合には、複数の文節をまとめてひとつの単位として対応を付けている。これらも文節単位対訳ペアとする。コーパスにおける文節単位対訳ペアの内訳は表 2 の通りである。

表 2: 文節単位対訳ペアの内訳

(1) のべ数	172,255
(2) 異なり数	146,397
(3) 日本語表現の異なり数	110,284
(4) 英語表現の異なり数	111,111
(5) 1 日本語表現あたりに対応する英語表現の平均異なり数	1.33 ((2)/(3))
(6) 1 英語表現あたりに対応する日本語表現の平均異なり数	1.32 ((2)/(4))
(7) 対応する英語表現が複数ある日本語表現の数	15,699
(8) 対応する日本語表現が複数ある英語表現の数	12,442
(9) 複数文節からなる対訳ペアの数	17,719

実際の部分対応の例を図 1 にあげる。見やすいように一部の情報のみ表示している。この図で、S-ID は京大コーパスにおける文の ID を表す。S-ID の次の行から EOJ までが和文で 1 行 1 文節である。行頭は文節 ID を表す。EOJ の次の行から EOE までが英訳文であり、文節 ID に対応する英語部分に <P id="文

節 ID"></P> という XML 形式のタグが付与されている。文節 ID として、id="1,2" のようにカンマで区切られて数字が複数ある場合は、複数の文節をまとめてひとつの単位としていることを表す。

```
# S-ID:950110003-001
1  輸入が
2  解禁された
3  米産リンゴの
4  第 1 便が
5  9 日、
6  検疫手続きを
7  終え、          P
8  首都圏の
9  大手スーパーなどで
10  初めて
11  売り出された。
EOJ
<P id="4">The first cargo</P> <P id="3">of apples imported
from the U.S.</P> <P id="1,2">that had been under the ban</P>
<P id="7">completed</P> <P id="6">quarantine</P> <P id="7">and</P>
<P id="11">was brought</P> <P id="9">to the market</P> <P id="10">
for the first time</P> <P id="5">on the 9th</P> <P id="9">at major
supermarket chain stores</P> <P id="8">in the Tokyo metropolitan
area</P> <P id="11">.</P>
EOE
```

図 1: 部分対応の例

対応付けの基準の概要は次の通りである。対応付けはなるべく過不足のないようにする。ただし、省略しても翻訳に差し支えない場合など、対応するものがなくてもよい。

- 日本語で表現されていない、英語の文法的要素の扱い
日本語に明示的には相当するものがない、冠詞、所有代名詞、動詞不定詞の to、助動詞などは特に理由がない限り名詞や動詞に含めて対応付ける。
- 名詞と代用表現の対応
名詞と代用表現 (典型的には代名詞) の間の対応も認める。
 - 日本語が名詞で英語が代用表現の場合
 - 日本語が代用表現で英語が名詞の場合
- 日本語で省略されている要素の扱い
日本語で省略されている要素が英語では明示されている場合、その要素は結びつきが強い (係り受けの制限がきつい) 要素に付加する。具体的には、例えば主語や目的語は動詞 (述語) に含めることになる。
- 英語側に補足的・説明的語句が入る場合の扱い
日本語側で一見単純に見えても意味が凝縮されている場合がある。そのような凝縮された意味が英語側では明示的に表現されている場合は、対応に含める。
- 日時を表す名詞の副詞的用法の扱い
日本語で日時などを表す名詞が、助詞なしで副詞的に使われている場合、英語では前置詞まで対応に含める。
- 等位接続構造の扱い
英語側で、X (A + B) という表現が実際には XA + XB の縮約形の場合、X を重複して対応付ける。
- 下のよう、ある語が等位接続構造全体に関係付けられる場合、

日本語 : (A + B) X X = 助詞、接続詞など
英語 : X (A + B) X = 前置詞、接続詞など

日本語では BX が文節を形成し、X は B との結合が強いように見えるが、対応する英語ではむしろ A と結びついているように見える。しかし日本語に合わせて英語の X も B と結びつけることとする。

3 文脈を考慮したタグ付き対訳コーパスの利用可能性

一般に、対訳コーパスは機械翻訳や翻訳支援、語学教育などに利用可能である。この節では、2 節に述べたコーパスの特徴に着目し、その利用可能性について述べる。

3.1 様々な手法の評価

2 節に述べたコーパスを用いることにより、まず、機械翻訳のための様々な手法を同じプラットフォームで評価して比較することができるようになると考えている。コーパスの特徴に着目して整理すると次のようになる。

1 文 1 対訳 1 文 1 対訳で、ある程度の規模のものなので、単純に様々な機械翻訳結果の評価に使える。

正しい形態素・構文情報 この情報を用いることにより、用例に基づく機械翻訳 [7] や構文トランスファー方式の機械翻訳など、積極的に構文情報を利用する研究において、構文情報が正しいときの翻訳精度の上限などを求めることができる。

部分対応の情報 この情報を用いて、自動獲得した翻訳知識の評価を行なうことができる。

実際の比較、評価は今後の課題としたい。

3.2 翻訳結果の分析

1 文 1 対訳 1 文 1 対訳で、前文までの文脈を考慮した翻訳になっているので、文脈の影響を分析しやすい。例えば、指示詞や代名詞がどのように訳されているか、どういう場合に文内の照応を用いてどういう場合に文間の照応を用いるのかについて分析することができる。

形態素・構文情報と部分対応の情報 これらの正しい情報を用いることにより、より正確に、翻訳規則として適切な単位や大きさ、構文的な性質などを分析することができる。

3.3 既存のシステムでの利用

ある程度の規模のコーパスなので、評価だけでなく、既存のシステムの学習用や翻訳知識として利用可能であると考えている。

1 文 1 対訳 1 文 1 対訳であるので、単純に統計的機械翻訳の学習に使える。例えば、GIZA++ [8] などでもベースラインとしてのシステムを作成することも可能である。

形態素・構文情報と部分対応の情報 これらの正しい情報が付与されているので、用例に基づく機械翻訳や構文トランスファー方式の機械翻訳のための翻訳知識を容易に獲得し利用することができると考えている。

1995 年の 1/1 から 1/16 までの対訳をデータベースとし、1/17 の和文を英訳できるかどうかを調査した。1/17 の 1,234 文のうち、1/1 から 1/16 までの 18,435 文と一致する文は 1 文であった。したがって、単純に文を検索したのでは、翻訳は難しいことが分かる。一方、文節単位では、1/17 の 12,632 文節中一致するものは 6,659 文節であった。

そこで、対象を比較的短い文 102 文 (平均文節数は約 9.8) とし、日本語入力文に含まれる単語あるいはその類義語を検索語として対訳ペアを検索し、その組み合わせによって入力文と意味的に等価なあるいは類似した英訳文が生成できるかどうかを調べた。このとき、対訳ペアを検索した後は、英語表現のみに着目して英訳文を生成している。「さきがけ幹部」を「さきがけ」と訳しているなど、入力文と若干内容語の意味が異なっている文や、テンスが異なっていたり、適切な前置詞が使われていない文、数の一致など

が間違っているような非文法的な文などは、類似した英訳文とした。結果は、表 3 の通りである。

表 3: 対訳ペアを用いた翻訳可能性調査結果

等価な訳文が生成可能	9
類似した訳文が生成可能	83
その他 (文にならない、あるいは全く意味が異なる)	10
合計	102

この結果から、対訳ペアを検索して組み合わせることにより、比較的短い文に対して、意味的にも文法的にも間違いない訳文は約 9% しか生成できないが、若干の文法的誤りなどを許容した意味的に類似した訳文であれば約 90% 生成可能であることが分かる。

3.4 類似対訳文の生成

2 節に述べた対訳コーパスの本来の利用目的は、次のような新しい翻訳支援の枠組みを実現することにある。

母国語で文章を書くと、同時に他の言語でも同じ内容の文章ができていくと非常に便利である。このようなことは、今日、商用の機械翻訳システムを用いることによって形式的には可能になったが、他の言語に翻訳された文章を見ると、内容が理解できない場合が多い。したがって、翻訳の質を重視すると翻訳結果はそのまま利用できないため、さらに対訳コーパスから類似した用例を検索し、検索された用例を参考にしながら翻訳結果を修正する、あるいは自ら翻訳し直すということができる。しかし、用例検索は入力と似た対訳文が検索されたときは良いがそうでない場合が多く、他の言語についての知識があまりない場合にはこのようにして複数言語で内容の伝わる文章を作成することは難しい。そこで、入力と似た対訳文を、検索するのではなく、生成することを考える。この枠組みを類似対訳文生成と呼ぶ。

この枠組みを 2 節に述べた対訳コーパスを用いて実現できるかどうかについて調査を行なった。入力文に含まれる内容語で、あるいは、それが固有表現や専門用語などの場合は別の語に置き換えて、対訳ペアを検索し、単純に組み合わせることによって、正しい対訳文ができるかどうかを調べた。入力文は、3.3 節で述べた 102 文からランダムに選択した 10 文とした。入力と生成できた類似対訳文を図 2 に示す。

文節を対訳ペアの単位とした利点は、日本語の助詞のように相手言語で様々な表現として現れるあるいは省略される情報に関して対応がとれている点と、文節単位で付与されている係り受けの情報が利用しやすい点にある。類似対訳文生成の調査においては、これらの利点を生かすように、入力文とほぼ同じ機能語が使われており、かつ、類似した係り受け関係を持つ対訳ペアを選択するようにした。つまり、機能語としてふさわしいものがない場合は、内容語を適当な別の語に置き換えて対訳ペアを検索し、係り先の文節も類似していることを確認するようにした。例えば、図 2 の 3 番目の例では、「通常国会に」に対して「会」で検索しており、係り受けまで含めて「通常国会に / 向け」(ただし「/」は文節境界を表わす)と類似した「国連子どもの権利委員会に / 対し」という表現を選択して「国連子どもの権利委員会に」という文節の情報を生成に利用している。入力文に合う翻訳結果としたい場合は、類似対訳文を生成した後、対訳ペアにおける「国連子どもの権利委員会」および「the UN Committee on the Rights of the Child」を「通常国会」および「the ordinary Diet session」に置き換えればよい。この例については、「その」および「them」も「両党」および「both parties」に置き換えた方がよい。置き換え部分の特定は、対訳ペアにおいて文節単位で対応する部分が分かっているため、容易で

入力文 生成対 訳文	山花真夫・新民主連合会長が十六日発表した新会派参加予定者は次の通り。 山花真夫・新民主連合会長が十六日に発表した新会派参加者名簿は次の通り。 The list of the participants in the new faction issued by Sadao Yamahana, Chairman of the New Democratic League on the 16th was as follows
入力文 生成対 訳文	村山首相と武村蔵相との会談は首相公邸で行われ、新民主連合の新会派結成を中心に意見交換。 村山富市首相と武村蔵相は会談を首相公邸で開き、新民主連合の新党結成を中心に意見交換した。 Finance Minister Takemura held the meeting at the official residence to exchange views about the formation of the new party of the New Democratic Union.
入力文 生成対 訳文	さきがけ側は通常国会に向け、政策や国会運営をテーマとする協議機関を両院に設置することを提案した。 さきがけは国連子どもの権利委員会に向け、政策や国会運営をテーマに、話し合う機関をその間に設置することを提案した Sakigake proposed to set up an organization between them towards the UN Committee on the Rights of the Child to discuss under the theme of policies and the management of the Diet.
入力文 生成対 訳文	会談は新民連による新党が新進党との連携を深める形に進んでいることをけん制する意味もあった。 会談は新民連による新党が新進党との連携を深める形に進んでいることをけん制した意味があった。 The meeting had meanings to restrict the movement that the new party of New Democratic Union is progressing to strengthen the coalition with The New Frontier Party.
入力文 生成対 訳文	新進党の川端達夫衆院議員は十六日、山花真夫氏らとの新会派結成のため、十七日に同党に離党届を提出することを決めた。 新進党の川端達夫衆院議員は、十六日、天野祐吉氏らと新会派結成のため、十七日に新党に離党届は提出することを決めた。 On 16th Tatsuo Kawabata, a member of the House of Representatives of the New Frontier Party decided to submit the notice to leave the party to the Shinsei Party on the 17th in order to establish a new faction with Yuukichi Amano and others.
入力文 生成対 訳文	社会党の山花真夫・新民主連合会長らによる超党派の「民主リベラル新党準備会」は十六日夜、東京都内のホテルで総会を開き、衆参両院で新会派の結成を決めた。 社会党の山花真夫・新民主連合会長らによる超党派の「民主リベラル新党準備会」は十六日の夕方に東京都内のホテルで総会を開き、衆参両院で、六会派の結成を決めた。 A nonpartisan group "the Preparation Committee for the New Democratic Liberal Party" established by Sadao Yamahana, director of the New Democratic League and his fellow members of the Socialist Party held the general meeting on the 16th evening at a hotel in Tokyo decided the establishment of six factions in the both Houses.
入力文 生成対 訳文	社会党からの参加者二十四人のほぼ全員が離党届を山花氏に預け、扱いを一任。 社会党から参加した二十四人のほぼ全員が離党届を同氏にこのほど提出した。 Almost all the 24 members joined from the JSP submitted a notice to leave the party to him.
入力文 生成 対訳文	総会には社会党などから計二十四人が出席。 総会に社会党などの計二十四人が出席した 24 attended the general meeting from the SPJ and other parties.
入力文 生成 対訳文	参院会派名は民主改革連合との関係を詰めてから決定する。 会派名は連合との関係を話し合ってから決定する。 The name of the faction will be decided after discussing the relationship with the JTUC.
入力文 生成 対訳文	大阪管区気象台によると、各地の震度は次の通り。 大阪管区気象台によると、各地の震度は次の通り。 According to The Osaka Regional Meteorological Observatory the seismic intensity of each area was as follows:

図 2: 類似対訳文生成の例

あると考えられる。また、このように置き換えが必要な場合、対訳ペアの内容語を汎化させることで、類似対訳文に「[会議] 向け」および「towards [council]」のようなテンプレートを生成させることも可能であると考えている。表 2 に示したように、1 日本語表現あたりに対応する英語表現の平均異なり数は 1.3 程度であり、日本語表現さえ適切に選ぶことができれば、英語側での表現の曖昧性はあまりなく、語順を入れ替えるだけで済むことが多い。英語の語順に関しては今回は人手で生成したが、言語モデルや FERGUS [9] などの英文生成システム等で自動推定することも可能である。以上のようにして、ユーザが対訳ペアを検索して選択することによって、多少不自然になる場合もあるが、図 2 に示す対訳文のように十分に理解可能な文が生成できる。ユーザが対訳ペアを検索・選択するコストはかかるが、基本的に原言語の表現のみを参照することによって対象言語の文も生成することができるという利点がある。

ここで述べた類似対訳文生成の枠組みは、コーパスを制限言語として、ユーザにその制限言語内で原言語文を作成してもらうような仕組みになっている。このように、人間がコーパスに合わせて母語で文章を作成することによって、良質な対訳文書を作成できるようになると考えている。

4 まとめ

本稿では、新聞記事を対象とし、かつ、言語構造の異なる言語を対象とした対訳コーパスについて述べた。このコーパスは、(1) 文脈の影響を分析しやすい、(2) 現存する単言語コーパスにおける高品質なタグ情報を生かしやすい、(3) 自由に利用できる、という条件を満たすようにするため、既存の高品質なタグ付き単言語コーパスを、1 文 1 対訳となるよう、かつ、文脈を考慮して自然となるように熟練した翻訳者に翻訳してもらい、対象言語文における構文情報や言語間の部分対応の情報を付与することによって作成している。

また、本稿では、この対訳コーパスの利用可能性について述べるとともに、入力と似た対訳文を半自動生成する類似対訳文生成の枠組みを提案し、その実現可能性を示した。

今後、本稿で述べた対訳コーパスを拡張し、公開するようにしたい。また、機械翻訳や翻訳支援、語学教育に積極的に利用したいと考えている。

謝辞

データの利用を許可して下さった毎日新聞社に感謝します。

参考文献

- [1] M. P. Marcus, B. Santorini, and M. A. Marcinkiewicz. Building a Large Annotated Corpus of English: The Penn Treebank. *Computational Linguistics*, Vol. 19, No. 2, pp. 313-330, 1994.
- [2] 黒橋禎夫, 長尾真. 京都大学テキストコーパス・プロジェクト. 言語処理学会 第 3 回 年次大会 発表論文集, pp. 115-118, 1997.
- [3] K. Yamada and K. Knight. A Syntax-based Statistical Translation Model. In *Proceedings of the ACL*, pp. 523-530, 2001.
- [4] ATR. 対話データベース. http://www.red.atr.co.jp/database_page/taiwa.html.
- [5] LDC. Linguistic data consortium. <http://www ldc.upenn.edu>.
- [6] E. Charniak. A Maximum-Entropy-Inspired Parser. Technical Report CS-99-12, 1999.
- [7] M. Nagao. A Framework of a Mechanical Translation between Japanese and English by Analogy Principle. In *Proceedings of the International NATO Symposium on Artificial and Human Intelligence*, 1981.
- [8] F. J. Och and H. Ney. Improved Statistical Alignment Models. In *Proceedings of the ACL*, pp. 440-447, 2000.
- [9] S. Bangalore and O. Rambow. Exploiting a Probabilistic Hierarchical Model for Generation. In *Proceedings of the COLING*, pp. 42-48, 2000.