

## グラフィカル問合せ言語DUOにおける非巡回有向グラフ 問合せの検討

宮崎 則雄<sup>†</sup> 寶珍 輝尚<sup>††</sup> 都司 達夫<sup>††</sup> 樋口 健<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 福井大学大学院工学研究科

<sup>††</sup> 福井大学工学部情報・メディア工学科

E-mail: †{miyazaki,hochin,tsuji,higuchi}@pear.fuis.fukui-u.ac.jp

あらまし 本論文では、ラベル付き有向グラフで表現されたデータベースに対する問合せ言語DUOにおける非巡回有向グラフ問合せ(DAG構造問合せ)について検討する。グラフィカル問合せ言語DUOについて概説した後、DUO用インタプリタのシステム構成と非巡回有向グラフ問合せの実現方法について述べ、その動作例を示す。

## On the Processing of Directed Acyclic Graph Query in the Graphical Query Language DUO

Norio MIYAZAKI<sup>†</sup>, Teruhisa HOCHIN<sup>††</sup>, Tatsuo TSUJI<sup>††</sup>, and Ken

HIGUCHI<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Engineering, Fukui University

<sup>††</sup> Faculty of Engineering, Fukui University

E-mail: †{miyazaki,hochin,tsuji,higuchi}@pear.fuis.fukui-u.ac.jp

**Abstract** Processing of the directed acyclic graph query in DUO is studied in this paper. DUO is a graphical query language for the database based on labeled directed graphs. The directed acyclic graph query is the query whose structure is the directed acyclic graph. First, this paper briefly describes DUO. Next, the processing of directed acyclic graph query on the DUO interpreter is presented. Finally, examples of the execution of the interpreter are shown.

### 1. はじめに

コンピュータの世界ではソフトウェア構築のために様々なプログラミング言語が開発され、ソフトウェアの発展に貢献してきた。従来のプログラミング言語は、様々な文字列を記述することによりプログラミングを行う。このような言語を文字列言語と呼ぶことにする。文字列言語は我々が普段用いる自然言語とは異なり、プログラミング特有の独特な文字列・記号の列挙であり、使用され

る文字列も英語やその短縮形であることが多い。また、プログラミング言語特有の独特の構文やアルゴリズムを修得しなければならない。そのためプログラミング初心者などにとっては、修得が困難であるという問題がある。また、文字列を線型に記述しているため、複雑な構造(3次元配列など次元数の高い配列、線型リストや木)を持つデータの扱いが難しく、読解も非常に困難になっている。そこで、これらの問題点を解決するものとしてビジュアル言語が提案されている。これは視覚

的にプログラミングを行うことができるため、修得、読解が比較的容易であり、複雑なデータも容易に記述することができる。

このようなヴィジュアル言語のひとつとして、グラフィカル問い合わせ言語 DUO [1] が提案されている。DUO は、有向グラフとして表現されるデータに対して、グラフィカルな一種の正規表現を用いて問合せを行なうための言語である。

著者らは、グラフィカル問合せ言語 DUO の文法を完全にサポートし、十分な機能を持つインターフェースを備えた DUO インタプリタの実現を目指して検討を行ってきた。試作中の DUO インタプリタはインターフェースと本体に大きく分けられる。本体は、記号解析部、構文解析部、問合せ変換部、結果変換部から構成されている。構文解析部は多次元言語パーザ自動生成システム NAE [3] を用いて作成されている。実際のデータベース処理には、ICOT(新世代コンピュータ技術開発機構)で研究・開発された演繹オブジェクト指向データベースシステム Quixote を使用している。

これまで作成してきた DUO インタプリタでは、線形構造の問合せしかできず、木構造や DAG 構造の問合せができないという問題があった。

そこで本論文では、DUO インタプリタにおける DAG 構造の問合せ (DAG 構造問合せ) の処理について検討する。その後、XML データに対する DAG 構造問合せの例を示す。

以下、2 ではグラフィカル問合せ言語 DUO について概説する。3 では多次元言語パーザ自動生成システム NAE について概説する。4 では DUO インタプリタのシステム構成について述べる。5 では DUO インタプリタにおける DAG 構造の問合せの処理について述べる。6 では DUO インタプリタの動作例を示す。

## 2. グラフィカル問合せ言語 DUO

グラフィカル問い合わせ言語 DUO はラベル付き有向グラフで表されるデータに対してグラフィカルな正規表現を用いて問合せを行なうための言語である。DUO は以下に挙げるような特徴を備えている。

- 問合せグラフと問合せ表現

DUO は 2 段階の問合せの表現方法を持っている。簡単な問い合わせを宣言的に行う問合せグラフと複雑な問い合わせを手続き的に行う問合せ表現である。

問合せグラフは点、枝、括弧、スコープが連結された物である。点と枝はそれが答を求めたいものである場合には黒い線で、そうでないものはグレイの線で記述する。

- 括弧による正規表現

括弧を使うことにより再帰指定等がグラフィカルに表現できる。

- スコープによる否定の表現

矩形によりスコープの範囲を指定でき、これを利用して否定を表現できる。

- 矩形領域の重なりによる集合演算等の表現
- 集合演算や集合比較演算を矩形領域の重なりによりグラフィカルに表現できる。

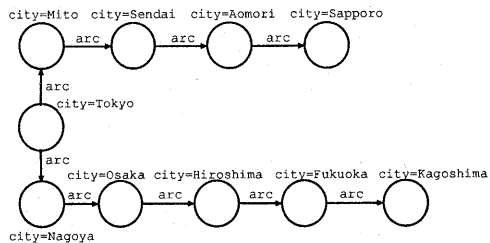


図 1 問合せの対象となるデータの例

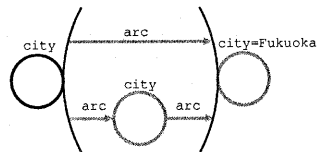


図 2 問合せグラフの例

図 2 は、図 1 に示したデータに対して、“Fukuoka” という値を持つ city に、パス arc, city, arc でつながっている city を求めるための問合せである。図の最左の点は黒線で描かれているので、この点が問合せ結果として利用者に返却される。

また、図 3 は、nagoya の上り方面、または、sendai の上り方面の city を求める” という問合せ表現である。ここでは、nagoya の上り方面を求め、次に sendai の上り方面を求め、最後にそれらの city の和を求めている。問合せ表現は複数の導出データグラフと 3 種類のラベルから構成される。3 種類のラベル “Query Start”、“Evaluate”、“Display” はそれぞれ、“問合せを開始する”、“問

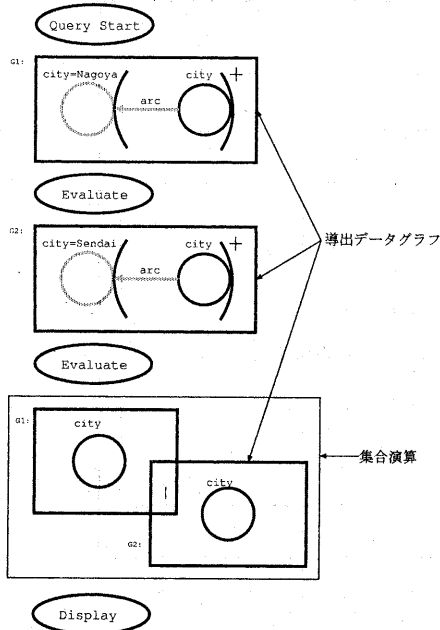


図3 問合せ表現の例

合せグラフを評価する”、“結果を表示する”ことを示す。

### 3. 多次元言語パーザ自動生成システム NAE

#### 3.1 概要

NAE(N-dimension syntax Analysis Environment generator)とは、制約・関係マルチセット文法(Constraint Relation Multiset Grammar: CRMG)を用いた多次元言語の定義から自動的に多次元言語のパーザを生成するシステムである[3]。

制約・関係マルチセット文法(CRMG)[3]とは、Constraint Multiset Grammar[5]に記号間の関係を導入した文法である。これにより、制約を簡潔に表現することができ、生成規則も簡潔なものとなる。Constraint Multiset Grammar[5]は、ビジュアル言語の構文解析を行うための文法であり、文脈自由文法の拡張である。記号の属性間の制約を用いて記号間の関係を表記するということを特徴としている。

#### 3.2 システム構成

NAEは、多次元言語の定義を入力として受け取り、多次元言語パーザのC++ソースプログラムを自動的に生成するシステムである。NAEは、記

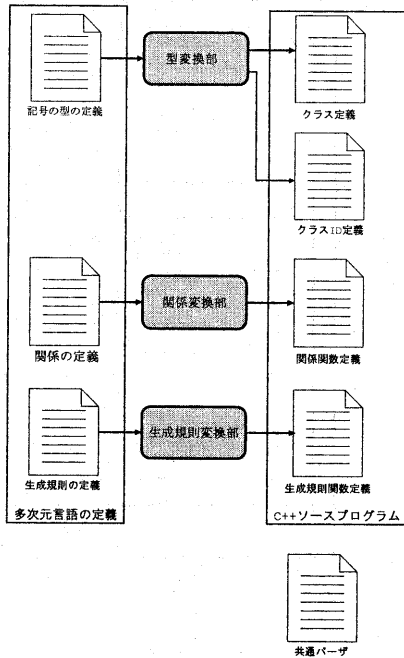


図4 多次元言語パーザ自動生成システム NAE

号の型変換部、関係変換部、生成規則変換部、共通パーザの4つの要素から構成される。NAEのシステム構成を図4に示す。

- 記号の型変換部

記号の型の定義をC++のクラスへ変換する。

- 関係変換部

記号間の関係の定義を制約を満たすかどうか(真か偽か)を返すC++の関数へと変換する。

- 生成規則変換部

生成規則の定義を生成規則を処理するためのC++の関数へ変換する。

- 共通パーザ

多次元言語を構文解析するための構文解析(パーザ)関数である。各変換部で生成されたクラス、関係関数、生成規則関数を用いて構文解析を行う。

### 4. DUO インタプリタのシステム構成

DUO インタプリタのシステム構成について述べる。

DUO インタプリタのシステム構成を図5に示す。DUO インタプリタはインターフェースと本体の2つに大きく分けられる。インターフェース

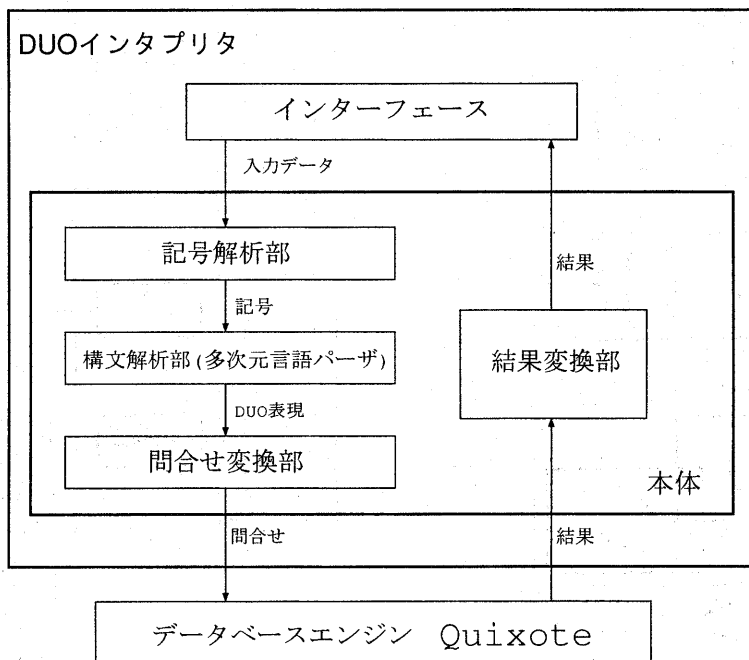


図5 DUO インタプリタのシステム構成

は Java で作成されている。本体は、記号解析部、構文解析部、問合せ変換部の3つの部分から構成される。構文解析部は NAE によって製作されている。NAE を用いることによって構文解析部の作成や修正が容易になる。また、実際のデータベース処理には演繹オブジェクト指向データベースシステム Quixote [6] を使用している。

- インターフェース

問合せの入力情報を文字列として本体に送る。問合せの結果を受け取って表示する。

- 本体

記号解析部、構文解析部、問合せ変換部、ならびに、結果変換部で構成されている。

- 記号解析部

インターフェースから送られた文字列を記号の集合という形に変換し構文解析部へ送る。

- 構文解析部

記号解析部から送られた記号の集合に対して構文解析を行い、DUO のセマンティックスに沿った表現である DUO 表現へと変換を行う。構文解析部は多次元言語パーザ自動生成システム NAE を用いて作成されている。

- 問合せ変換部

問合せ変換部では、構文解析部から送られた DUO 表現を Quixote の問合せ表現へと変換し、パイプを用いて Quixote へ実際に問合せを行う。

- 結果変換部

Quixote への問合せの結果をインターフェースが受け取る結果として適切な結果に変換して、インターフェースに渡す。

## 5. DAG 構造問合せの処理

### 5.1 DAG 構造問合せ

DAG 構造問合せとは、問合せを表すグラフが DAG 構造をしているものである。DAG 構造問合せの例を図6に示す。

### 5.2 インターフェース部での処理

ここでは、DAG 構造問合せを線形の問合せの集まりとみなすことにする。つまり、図6の問合せを図7とみなすということである。

従来の DUO インタプリタではインターフェースで問合せが行われると1つの要素につき1つの情報を記号解析部に送っていたが、その方法では、図6のような DAG 構造問合せは構文解析部で図7とみなされない。そこで、点を記号の情報に変換する際に、点に入ってくる枝の数と点から出ていく枝の数を調べ、多い方の数の分だけその点の

情報を作成することにする。点に入ってくる枝も点から出ていく枝もないときは点の情報を1つだけ作成する。図6の問合せの場合、点gに入ってくる枝の数が3つ、出て行く枝の数が2つなので点gの情報を3つ作成することになる。実際に本体に送られる記号の情報は図8のようになる。

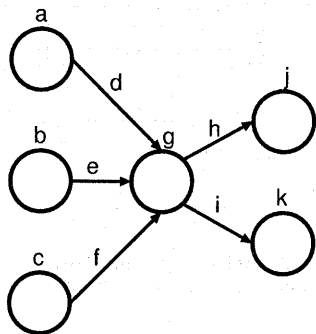


図6 DAG 構造問合せの例

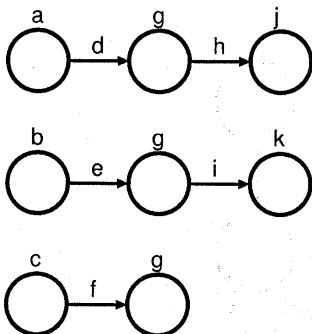


図7 図6の問合せを線形問合せの集まりとして表したもの

### 5.3 本体での処理

図6の問合せが行われると本体には図8の文字列が送られて来る。これは記号解析部で記号の集合という形に変換されて構文解析部に送られる。構文解析部ではそれが構文解析される。このとき問合せは図7のように3つの線形問合せとして解析されている。これを Quixote の問合せに変換する際には、それぞれの問合せを Quixote 問合せに変換してそれらを合成し1つの問合せとするという方法を探っている。Quixote 問合せに変換された結果は図9のようになる。

```
<people>
  <person id="id_mike">
    <name> mike </name>
    <age> 70 </age>
    <child idref="id_mary"/>
  </person>
  <person id="id_mary">
    <name> mary </name>
    <age> 45 </age>
    <child idref="id_john"/>
    <child idref="id_jane"/>
  </person>
  <person id="id_john">
    <name> john </name>
    <age> 16 </age>
  </person>
  <person id="id_jane">
    <name> jane </name>
    <age> 14 </age>
  </person>
</people>
```

図10 XML で表されたデータ

## 6. DAG 問合せの例

DAG 問合せの例として、XML で表されたデータに対する問合せの例を示す。ここでは、図10に示すXMLのデータを図11に示すグラフ構造にして扱う。このデータに対して図12に示す問合せを行う。この問合せは「"mary" という名前を持つ人の子供の名前と年齢を求める」という問合せである。この問合せは木構造の問合せである。検索結果を図13に示す。

## 7. おわりに

本研究では、グラフィカル問合せ言語 DUO のインタプリタにおける非巡回有向グラフ問合せの検討を行った。DAG 構造問合せを線形問合せの集まりとみなして DAG 構造問合せ処理を行うことによって DAG 構造問合せが可能となった。

実現した DAG 構造問合せ処理では点と枝しか考慮しておらず全ての DAG 構造問合せが可能になるわけではない。例えば括弧に複数の枝がつながるような問合せは不可能である。括弧が入った場合の DAG 構造問合せを可能にすることは今後の課題である。また、現在のインタプリタでは、DUO 文法を完全にはサポートしていない。具体的には、否定を表すスコープ、問合せ結果の和集合や差集合を求めるための問合せ表現などをサポー

Query AREA

```

node x: 0 y: 0 r: 10 margin: 3 query: RETURN es: a rl: NONE rc: ! V: V1
node x: 0 y: 30 r: 10 margin: 3 query: RETURN es: b rl: NONE rc: ! V: V2
node x: 0 y: 60 r: 10 margin: 3 query: RETURN es: c rl: NONE rc: ! V: V3
node x: 30 y: 30 r: 10 margin: 3 query: RETURN es: g rl: NONE rc: ! V: V7
node x: 30 y: 30 r: 10 margin: 3 query: RETURN es: g rl: NONE rc: ! V: V7
node x: 30 y: 30 r: 10 margin: 3 query: RETURN es: g rl: NONE rc: ! V: V7
node x: 60 y: 10 r: 10 margin: 3 query: RETURN es: j rl: NONE rc: ! V: V10
node x: 60 y: 50 r: 10 margin: 3 query: RETURN es: k rl: NONE rc: ! V: V11
edge fromx: 10 fromy: 0 tox: 30 toy: 20 margin: 3 query: RETURN es: d rl: NONE rc: ! V: V4
edge fromx: 10 fromy: 30 tox: 20 toy: 30 margin: 3 query: RETURN es: e rl: NONE rc: ! V: V5
edge fromx: 10 fromy: 60 tox: 30 toy: 40 margin: 3 query: RETURN es: f rl: NONE rc: ! V: V6
edge fromx: 40 fromy: 30 tox: 50 toy: 10 margin: 3 query: RETURN es: h rl: NONE rc: ! V: V8
edge fromx: 40 fromy: 30 tox: 50 toy: 50 margin: 3 query: RETURN es: i rl: NONE rc: ! V: V9
End

```

図8 図6の問合せを本体に送る形式に変換したもの

```

&load "AREA.qxt";;
?-a[value=V1],d[up=V1,down=V7],g[value=V7],h[up=V7,down=V3],j[value=V10],
b[value=V2],e[up=V2,down=V7],g[value=V7],i[up=V7,down=V11],k[value=V11],
c[value=V3],f[up=V3,down=V7],g[value=V7]
&program;;&rule;;
&end.
&quit;;

```

図9 図6の問合せを Quixote 問合せに変換したもの

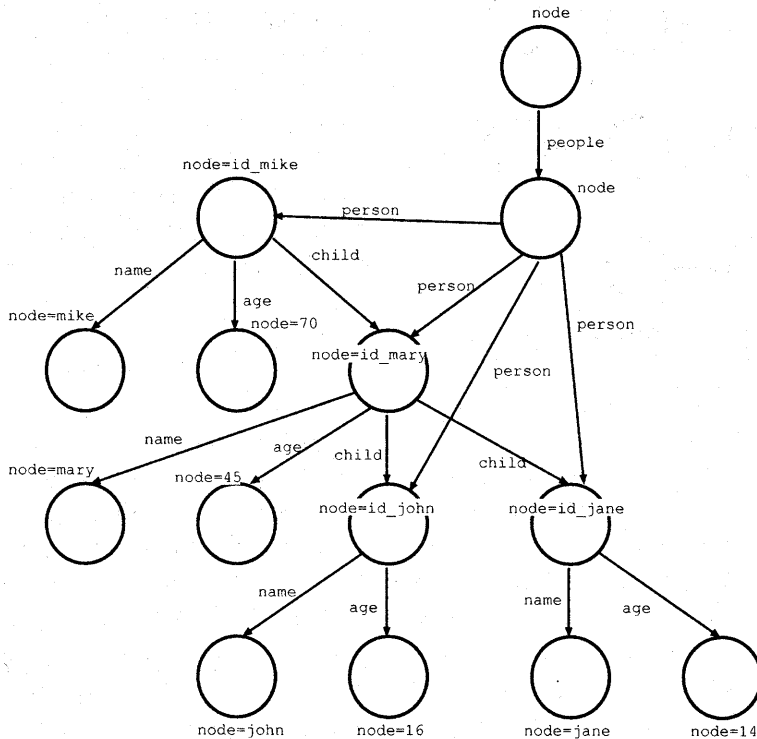


図11 問合せの対象となるデータ

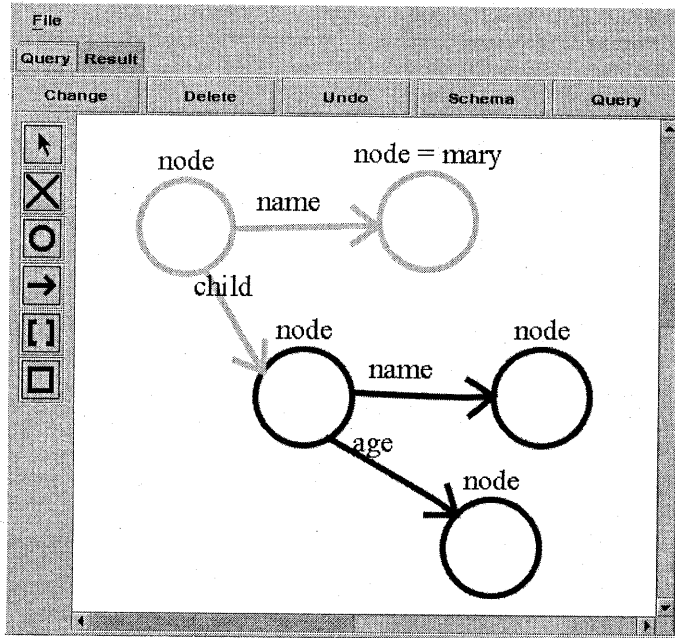


図 12 問合せ例

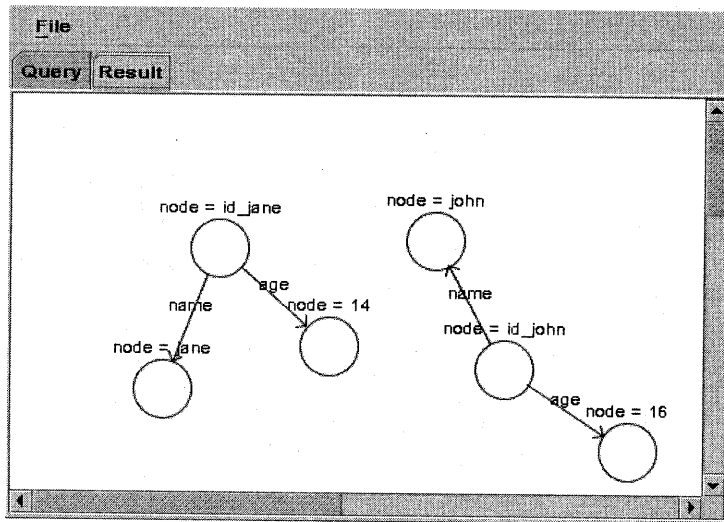


図 13 検索結果

トしていない。これらの問題を解決し DUO 文法の完全なサポートを行なうことは今後の課題である。インターフェースの問合せ結果表示では、結果の構造によっては適切な表示がされないことがある。この問合せ結果表示の改良も課題である。

#### 文 献

- [1] 宝珍輝尚: グラフィカル問い合わせ言語 DUO の問い合わせ能力, 情処論 Vol36, No.4, pp.959-970 (1995).
- [2] 島山竜輔, 宝珍輝尚, 都司達夫: 多次元言語パーザ自動生成システムを用いたグラフィカル問合せ言語インタプリタの実現, 情処研報 DBS 115-14, pp.103-110 (1998).
- [3] 石井義知, 宝珍輝尚, 都司達夫: 多次元言語の構文解析に関する一手法, 信学技法 SS96-64, pp.25-32 (1997).
- [4] 宮崎 則雄, 宝珍輝尚, 都司達夫, 樋口 健: グラフに基づくデータベースに対するグラ

フィカル問合せ言語の実現, 第13回データ  
工学ワークショップ論文集, C2-6 (2002).

- [5] Kim Marriot: Constraint Multiset Gram-  
mars, 1994 *IEEE Symposium on Visual  
Languages*, pp.118-125 (1994).
- [6] 財団法人 新世代コンピュータ技術開発機構:  
Quixote 言語マニュアル (1995).