

4J-4

# スプレッド・シートにおける 双方向再計算機能実現のための一手法

金井直樹

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

## 1. はじめに

我々は、現在双方向再計算機能を持ったスプレッド・シートを開発している[1,2]。この過程に於て、双方向再計算機能実現時に考慮すべき問題点があることが明らかになった[3]。本稿では、この問題に対処した双方向再計算機能実現の一手法について述べる。

## 2. セル間の関係の表現

双方向再計算機能を実現するためには、セル間に成り立つ関係をどのように表現するかが重要である。我々の方針は、

- ・セル間に成り立つ関係は、従来のスプレッド・シートのように関数として表現するのではなく、関係式そのものを用いて表現する。
- ・従来のスプレッド・シートでは、暗に関数として表現されていたセル間の依存関係、つまり、あるセルの値が変更された時に、他のどのセルの値を再計算すべきかという関係を明示的に表現する。

の2点である。具体的には、セル間の関係を以下のような情報を用いて表現することにした[3]。

- セル間に成立すべき関係式
- {<変更されたセルの集合>, <変更すべきセルの集合>, <変更すべきセルの値の計算方法>}  
という三つ組の集まり

この(b)の情報を伝搬制約と呼ぶ事にする。

## 3. 双方向再計算機能実現時の問題

双方向自動再計算機能は、あるセルの値が変更された時に、伝搬制約にしたがって再計算すべきセルを決定し、そのセルの値を関係式を用いて決定するという過程を繰り返す。

双方向再計算機能実現における最大の問題は、一つの関係中に定義されている複数の伝搬制約の中から、再計算の過程において変更されたセルに応じた伝搬制約を選択する際に、変更される可能性のある全てのセルの変更が終了しているかどうかを、どのように判断するかという点である[3]。そのためには、関係式中に現れる全てのセルが再計算の過程において変更されるか否かが判別できなければならない。しかし、一般には、この判別が非常に難しい。

## 4. 制限された関係

我々は、3で述べた問題に対処し双方向再計算機能を実

現するための一手法として、以下のように関係の記述を制限した。

### (a) 関係式:

$$Y=f(X_1, \dots, X_n)$$

という形式で表現する。ただし、 $Y, X_1, \dots, X_n$ はセル名である。 $f(X_1, \dots, X_n)$ は実際には、 $X_1, \dots, X_n$ 間の四則演算で表現される。

### (b) 伝搬制約: 以下の3つの制約よりなる。

- $X_1, \dots, X_n$ のうちいずれかが変更された場合、 $Y$ の値が再計算される。
- $Y$ の値が変更された場合、 $X_1, \dots, X_n$ のうち特定の一つのセル $X_k$ の値が変更される。このセルを伝搬制約セルと呼ぶ。 $X_k$ は関係式中に一回しか現れてはならない。
- $Y$ と $X_k$ の両方が変更された場合再計算は行わずその関係が満たされているか否かのチェックを行う。

以上で表現される関係をグラフ化したものが図1である。五角形は関係ノードを表し、四角はセル・ノードを表す。五角形の先端からのアークは、関係式の左辺( $Y$ )のセルにリンクされる。また、その他のアークは右辺に現れるセルとリンクされる。そのうち矢印で示されたものは、伝搬制約セルにリンクされる。

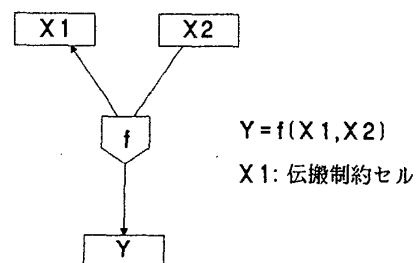


図1. 関係とセルのグラフ表現

(b)のうち、個々の関係に固有の情報は、伝搬制約セルだけであり、その他の情報は全ての関係に共通の情報である。この結果、ユーザが定義できる情報は、関係式と伝搬制約セルになる。

(a)と(b)で記述できる情報は、従来のスプレッド・シートで記述できる情報の拡張である。従来のスプレッド・シートではセル間に成り立つ関係を関数として表現していた。これは、(a)で記述する関係式の右辺だけをセル $Y$ に記述している事になる。また、従来の再計算機能は、(b)の(1)の伝搬制約を満たすように再計算を実行している事になる。

5. 双方向再計算の実現方法

双方向再計算は、ユーザによりセルの値が変更される事により起動する。双方向再計算は二つの過程に分けて実行される。一つは、変更される可能性のあるセルを調べるためにアークにマークを付ける過程であり、一つは、実際に再計算を実行する過程である。

5.1. マーク付け

いずれかのセルの値が変更された場合、再計算の過程で変更される可能性のあるセルを調べるために、アークにマーク付けを行う。マークには以下のものがある。

- Input arc : ユーザにより変更されたセル、又は、他の関係においてOutput arcのマークが付けられたアークに接続したセルと関係ノードをつなぐアークに付けられる。Input arcには方向があり、セルが始点であり、関係ノードが終点である。
- Output arc: Input arcのマークの付いたアークに接続したセルが変更された時に再計算すべきセルと、関係ノードをつなぐアークに付けられる。Output arcには方向があり、関係ノードが始点であり、セルが終点である。

図2に、関係  $Y=f(X_1, X_2)$  におけるマーク付けの例を示す。ただし、伝搬制約セルは  $X_1$  であるとする。ここで、 $X_2$  がユーザにより変更されたセルであるとする、伝搬制約の結果  $Y$  が再計算すべきセルになる。故に、図2の(1)のように  $X_2$  と関係ノードをつなぐアークにInput arcのマークが、関係ノードとセル  $Y$  をつなぐアークにOutput arcのマークが付けられるさらに、 $Y$  も変更される可能性があるとして図2の(2)のようにマークが付けられる。

なお、以後、Input arcの始点であるセルをその関係におけるT-cell、Output arcの終点であるセルをその関係におけるC-cellと呼ぶ事にする。

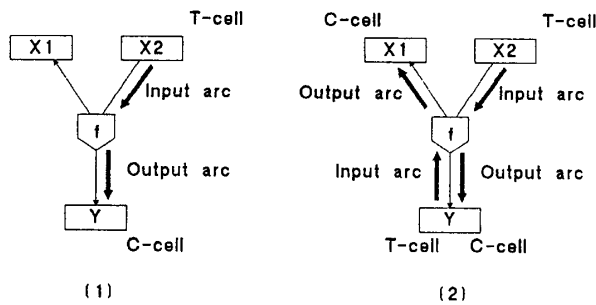


図2. マーク付け

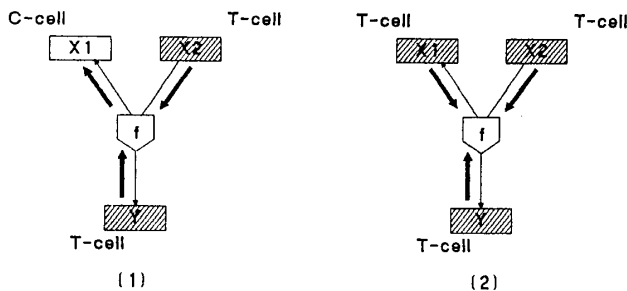


図3. 再計算の実行

5.2. 再計算の実行

マーク付けが完了した後に、再計算が実行される。ある関係に於ける再計算は、その関係ノードにリンクした全てのT-cellの再計算が終了した後に行なわれる。再計算すべきセルは、Output arcの向かうセルである。ただし、すでに再計算が終了したT-cellに向かうOutput arcは消去される。例えば、図3の(1)のように  $Y$  と  $X_2$  がすでに変更されたとして  $X_1$  が再計算される。ただし、斜線で表されたセルはすでに再計算され値が変更されたセルである。図3の(2)のようにOutput arcがなくInput arcだけが存在する場合には、再計算を行わず、関係が満たされているかのチェックを行う。

以上が、基本的な再計算実行の方法である。このように、再計算の過程を二つに分ける事により、変更される可能性のある全てのセルが判明し、かつ、それらのセルの変更が終了したかどうかを判断する事が可能になる。この結果、正しく伝搬制約を用いて、再計算を実行する事ができる。

ただし、この他に循環参照(ループ)に対する処理が必要である。また、関係の定義の仕方によっては、複数の再計算方法が存在する事がある。例えば、図4では、 $R1$  から  $R2$  における再計算を強制的に実行しないと再計算が終了しない。そして、どちらを先に用いるかによって再計算の方法が変わる。故に、まずどちらかを先に用いて再計算を実行し、後に、問題がある時にはバックトラックして他の関係を用いて再計算を続行するメカニズムが必要である。

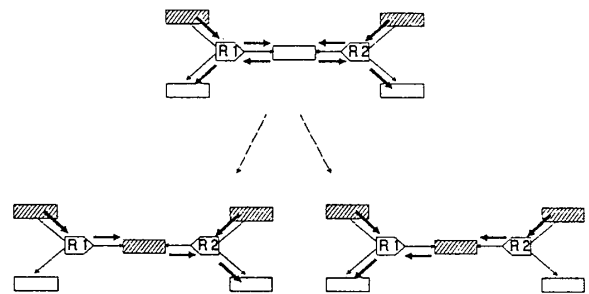


図4. 複数の再計算の方法

6. おわりに

本稿では、双方向再計算の持つ問題に対処し、双方向再計算機能を実現するために、記述できる関係を制限し、また、再計算実行を二つの過程に分離する手法を提案した。今後、この方法が、様々な問題に対してどのくらい有効であるかについて検討するとともに、さらに、関係に対する記述能力を増やす方法について検討したいと考えている。

参考文献

[1] 金井, 福永, 横井, "計画作成支援のためのインタラジント・スプレッド・シート", 情報処理学会第35回全国大会, 4N-4, Sep. 1987.  
 [2] Kanai, N. et al. "An Expert System to Assist Production Planning", Proc. of the Int'l W/S on AI for Industrial Applications, pp.219-224, May, 1988.  
 [3] 金井, 横井, 戸沢, 福永, "双方向自動再計算機能を持ったスプレッド・シートの実現", 情報処理学会第36回全国大会, 5N-4, Mar. 1988.