

表計算ソフトに対する型システムの導入

木本 悠斗[†] 山下 晃弘[†] 松林 勝志[†]

東京工業高等専門学校[†]

1. 背景

表計算ソフトにおける関数などの計算システムは、集計などの基本的な事務作業のみならず、統計分析や応用的計算に使われている。しかし、表計算ソフトには誤りを正す仕組みが少ない。サーベイ研究 [1]によれば、各種フィールド調査では平均 24%、被験者にスプレッドシートを開発させる実験調査研究では、平均 51%で誤りが発生することが報告されている。

この原因の一つは、関数において間違った参照が行われても、見た目上区別できないために気づきにくいという点が挙げられる。例えば、重さ(kg) 100 と、長さ(m) 100 を足し合わせたとしても、結果は 200 になるだけなので、その誤りに気づきにくい。

本研究では、表計算ソフトの誤りを検出するために、型システムを応用することを検討し、試作システムを実装して提案手法について評価する。

2. 型と属性

2.1 プログラミング言語における型

多くのプログラミング言語では型という概念が導入されている。型は値の区別であり、型から外れた値が、変数に代入されたり、関数に入力されたりしたときは、コンパイル時や型チェック時にエラーを発し、実行できないようにする。型の概念は誤りチェックに貢献している。

表計算ソフトは、関数などを用いて計算するシステムであり、一種のプログラミングシステムであるとみなすことができる。そこで本研究では、型の仕組みを表計算ソフトに導入することを検討する。

2.2 表計算ソフトにおける型

表計算ソフトにおいて、型に類似する機能として入力規則が存在する。この機能は「数値」「文字列」「真偽値」などを区別するのみであるため、異なる単位の数値を間違えて足し合わせてしまった場合などは、その誤りを検知することができない。

3. 提案手法

本研究では、セルの値の種類として「真偽値型」「数値型」などの「型」を定義し、特に数値に関しては値の使われ方の分類として「属性」を定義する。本稿では数値型と属性に焦点を当てる。

ユーザーはまず、検査するシートに対し、セルの型や属性を記述する型シートを作成する。型シートに基づいて数式の検査を行い、属性と一致しなかった場合エラーを出す。

属性は、次の 3 種の組み合わせからなる。

- ある一つの属性を示す「単純属性」．[グラム]，[りんごの重さ]，[個数]のように、数値に一つの属性を与える。
- 2 つ以上の属性のどちらでも使えることを表す「交差属性」．[グラム & りんごの重さ]とすると[グラム]としても[りんごの重さ]としても使えることを表す。交差属性同士の和は、それらの共通の属性となる。
- 2 つ以上の属性の積であることを表す「次元属性」．[グラム*個数]とすると，[グラム]と[個数]の積であるということを表す。[グラム]と[個数]の積は[グラム*個数]となる。[[グラム & りんごの重さ] * 個数]というように、交差属性と次元属性は入れ子にしていき属性を定義することも可能である。

4. 実際の例

4.1 シートの例とセルの分類

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	輸送回数	りんごの個数	レモンの個数	りんごの総重量(g)	レモンの総重量(g)	総重量(g)		りんご一個あたりのg	レモン一個あたりのg
2	1	10	10	2700	1710	4410		270	171
3	2	20	5	5400	855	6255			
4									
5									

Fig. 1 シートの例

ヘッダ							
ID	りんご個数(個)	レモン個数(個)	りんご重さ(g)	レモン重さ(g)	総重量(g)	りんごの(g/個)	レモンの(g/個)
1	10	10	2700	1710	4410	270	171
2	20	5	5400	855	6255		

Fig. 2 セルの分類

Fig. 1 は、りんごとレモンの輸送を管理するシートの例である。例えば、レモンの総重量(E2)は、レモンの個数(C2)×レモン一個あたりのg(I2)で計算されることを想定している。ここで、レモンの総重量(E2)の数式を誤って、りん

この個数(B2)×レモン一個あたりの g(I2)にしてしまった場合は、属性の不整合を検出してエラーとして通知したい。

Fig. 2 にセルの分類を示す。A 列は輸送回数を示す ID、B 列、C 列はりんごとレモンの個数である。D 列、E 列はそれぞれりんご、レモンの重さ[g]であり、F 列は総重量[g]である。セル H2、セル I2 はそれぞれ「りんご一個あたりの重さ[g]」と「レモンの一個あたりの重さ[g]」である。

4.2 セルへの属性付け

4.1 節で示したセルの分類に基づいて各セルの属性を定義する。D 列、E 列、F 列は[グラム]としたいが、D 列と E 列は「りんごの重さ」と「レモンの重さ」を区別したいためそれぞれ[グラム & りんごの重さ]、[グラム & レモンの重さ]という交差属性とする。同様に、B 列と C 列は[個数 & りんごの個数]と[個数 & レモンの個数]という属性を設定する。

また、セル H2 は、りんごの重さをりんごの個数で割ったものであるため、 $[[\text{グラム} \& \text{りんごの重さ}] / [\text{個数} \& \text{りんごの個数}]]$ という次元属性とする。

4.3 属性の計算とチェック

まず、セル E2(レモンの総重量)が誤って「=B2*I2」(りんごの個数×レモンの一個あたりの g)としてしまった場合、型チェッカーは[個数 & りんごの個数] × [[グラム & レモンの重さ] / [個数 & レモンの個数]]より[[グラム & レモンの重さ] / [個数 & レモンの個数]] × [個数 & りんごの個数]となり、E2 の定義属性である[グラム & レモンの重さ]と全く違う値となるため、エラーとなる。

もし、セル E2 が正しく「=C2*I2」(レモンの個数×レモンの一個あたりの g)であれば、[個数 & レモンの個数] × [[グラム & レモンの重さ] / [個数 & レモンの個数]] = [グラム & レモンの重さ]より、E2 の定義属性と矛盾しない。

また、セル F2(総重量)が誤って「=C2+E2」(レモンの個数 + レモンの総重量)としてしまった場合、型チェッカーは[個数 & レモンの個数] + [グラム & レモンの重さ]よりエラーとなる。

もし、セル F2 が正しく「=D2+E2」(りんごの総重量 + レモンの総重量)となっていれば、F2 の属性は[グラム & レモンの重さ] + [グラム & レモンの重さ]=[グラム]となるためエラーは起きない。

5. 実装・実験

本手法を Google Spreadsheet と Google App Script 上に実装した。

実験は可能な限りシートから誤りを検出できるように型付けシートを作成し、それによってどれだけ誤りを検出できたかを測定した。実験は INTEGER コーパス [2]を使用して行った。INTEGER コーパスではベースシートとそれに誤りを人工的に入れたシートが入っており、うち誤りの種類の定義がなされ実世界で使われていたベースシート 21 個とそれに誤りを入れたシート 148 個を使用した。この誤りの種類は三文字の記号で定義されている。21 個のベースシートのうち、1 個については、隣のセルの値を参照して一定割合で値を変化させる数式が入っており、そのままの状態では型定義を行うことが困難であったので、増加量用のセルを設け、そのセルに型付けする編集を行った。

その結果を Table 1 に示す。CRS などの原理的に検出が不可能な誤りもあるが、そうでない誤りに関しては検出を行えていることがわかる。

Table 1 誤り種類ごとの検出可能数・検出率

誤り種類記号	説明	登場回数	検出数	検出率
CRP	定数→定数の変更	20	16	0.8
CRR	参照を定数に変更	66	56	0.848
RFR	参照先変更	46	34	0.739
AOR	算術演算子変更	28	18	0.643
FFR	関数変更	2	0	0
CRS	参照レンジの縮小	57	0	0
ROR	関係演算子変更	24	0	0

また、型付けに編集が必要なシート 1 枚においても、適切にシートを再構成することで 90.9%の誤りを検出できることを確認した。

6. まとめ

本研究では表計算ソフトに型システムを構築し、誤った数式を型や属性から検知する技術を提案し実装した。この型により実験を行うことで、原理的に検出が不可能な誤りの種類もあるものの、誤りを検出できることがわかった。

7. 参考文献

- 1) Raymond R. Panko: Spreadsheet Errors: What We Know. What We Think We Can Do, *Proc. European Spreadsheet Risks Int. Grp*, Vol. 7, No. 17, (2000)
- 2) Simon Ausserlechner et al.: The Right Choice Matters! SMT Solving Substantially Improves Model-Based Debugging of Spreadsheets, *2013 13th International Conference on Quality Software (QSIC)*, pp. 139-148, (2013)