

# オブジェクトの組織化と進化に関する研究

Modeling Object Organization and Evolution Processes

1998年2月

中谷 多哉子

# もくじ

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 序論                         | 13        |
| <b>1 進化と環境</b>             | <b>19</b> |
| 1.1 概要                     | 19        |
| 1.2 オブジェクトを進化させる環境         | 19        |
| 1.3 進化メトリクス                | 20        |
| 1.4 進化率メトリクス               | 24        |
| 1.5 調査対象システムの概要            | 24        |
| 1.5.1 SystemA              | 25        |
| 1.5.2 SystemB              | 28        |
| 1.5.3 SystemC              | 29        |
| <b>2 システムレベルから観測した進化過程</b> | <b>33</b> |
| 2.1 概要                     | 33        |
| 2.2 計測値の頻度分布の安定性について       | 33        |
| 2.3 技術的環境変化と進化の関係          | 40        |
| 2.3.1 SystemA の進化          | 40        |
| 2.3.2 SystemB の進化          | 46        |
| 2.4 考察                     | 51        |
| <b>3 クラス継承木の進化的特徴</b>      | <b>53</b> |
| 3.1 概要                     | 53        |
| 3.2 予備調査結果                 | 54        |
| 3.2.1 計測値の相関分析結果           | 54        |

|          |                              |           |
|----------|------------------------------|-----------|
| 3.2.2    | クラス継承木の進化的特徴に関する仮説 . . . . . | 58        |
| 3.3      | 仮説の検証 . . . . .              | 59        |
| 3.3.1    | SystemB の検証結果 . . . . .      | 59        |
| 3.3.2    | SystemC の検証結果 . . . . .      | 64        |
| 3.4      | 仮説の検証結果と考察 . . . . .         | 68        |
| <b>4</b> | <b>オブジェクトの進化モデルの構築</b>       | <b>71</b> |
| 4.1      | 概要 . . . . .                 | 71        |
| 4.2      | オブジェクトの種と環境 . . . . .        | 72        |
| 4.2.1    | オブジェクトの種の定義 . . . . .        | 72        |
| 4.2.2    | 種と環境の関係 . . . . .            | 73        |
| 4.3      | 種に着目した進化の観測 . . . . .        | 74        |
| 4.3.1    | 境界領域種の進化過程 . . . . .         | 76        |
| 4.3.2    | 問題領域種の進化過程 . . . . .         | 77        |
| 4.3.3    | 共有領域種の進化過程 . . . . .         | 79        |
| 4.3.4    | 種による進化の違い . . . . .          | 81        |
| 4.4      | オブジェクトの進化モデル . . . . .       | 86        |
| 4.5      | 考察 . . . . .                 | 88        |
| <b>5</b> | <b>オブジェクト進化に基づく組織化過程</b>     | <b>91</b> |
| 5.1      | 概要 . . . . .                 | 91        |
| 5.2      | モデル化の視点 . . . . .            | 92        |
| 5.3      | 多視点の利点と課題 . . . . .          | 93        |
| 5.4      | オブジェクトの組織 . . . . .          | 95        |
| 5.4.1    | オブジェクトの組織構造の特徴 . . . . .     | 95        |
| 5.4.2    | 衝突の種類 . . . . .              | 96        |
| 5.4.3    | オブジェクト辞書の構成 . . . . .        | 99        |
| 5.5      | 組織化過程の概要 . . . . .           | 101       |
| 5.6      | 事例 . . . . .                 | 102       |
| 5.6.1    | システム概要 . . . . .             | 102       |
| 5.6.2    | 衝突の発見 . . . . .              | 103       |
| 5.7      | 考察 . . . . .                 | 109       |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| もくじ                          | 3   |
| 6 まとめと今後の研究課題                | 111 |
| 6.1 本研究の成果                   | 111 |
| 6.2 関連研究                     | 112 |
| 6.3 今後の研究課題                  | 115 |
| 参考文献                         | 117 |
| A 計測値の基本統計量                  | 125 |
| B 観測度数分布に対する幾何分布の導入          | 135 |
| C クラスの性質を表わす計測値の相関分析結果       | 145 |
| D 多視点を用いた組織化事例で定義したオブジェクトモデル | 147 |



## 図一覧

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.1 | SystemA の定量的開発傾向の推移 . . . . .   | 27 |
| 1.2 | SystemB の定量的開発傾向の推移 . . . . .   | 30 |
| 1.3 | SystemC の定量的開発傾向の推移 . . . . .   | 30 |
| 2.1 | SystemA のメソッド行数 (MLOC) の頻度分布と累積度数分布 . . . . .   | 34 |
| 2.2 | SystemB のメソッド行数 (MLOC) の頻度分布と累積度数分布 . . . . .   | 36 |
| 2.3 | SystemC のメソッド行数 (MLOC) の頻度分布と累積度数分布 . . . . .   | 36 |
| 2.4 | 3 システム全体で定義された全 12627 メソッドを対象としたメソッド行数 (MLOC) の頻度分布と幾何分布による理論分布の比較 . 幾何分布のパラメータは , 観測データから求めた平均値 $=8.15$ を用いた . . . . . | 39 |
| 2.5 | SystemA のクラス継承木の進化過程 ( $E_i$ : 編集クラス木 , $P_i$ : 表示クラス木 , $C_i$ : 計算クラス木 ) . . . . .                                     | 43 |
| 2.6 | SystemA のクラスのメソッド数から見た進化過程 . . . . .  | 44 |
| 2.7 | SystemA における継承構造の再構築 ( クラス名とそのメソッド数 ( 括弧内 ) , は継承を表す ) . . . . .  | 45 |
| 2.8 | SystemB のクラス継承木の進化過程 . . . . .  | 47 |
| 2.9 | SystemB における継承構造の再構築 . . . . .  | 49 |
| 3.1 | SystemA のクラスのメソッド数 (CNOM) に対するクラス行数 (CLOC) の散布図 . . . . .   | 56 |
| 3.2 | SystemB の CNOM に対する CLOC の散布図 . . . . .   | 61 |
| 3.3 | SystemC の CNOM に対する CLOC の散布図 . . . . .   | 65 |
| 4.1 | 進化環境図 . . . . .   | 74 |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 4.2 | システム全体で観測したオブジェクトの進化過程 . . . . .                    | 75  |
| 4.3 | 境界領域種の進化過程 . . . . .                                | 76  |
| 4.4 | SystemA の問題領域種の進化過程 . . . . .                       | 79  |
| 4.5 | SystemB の問題領域種の進化過程 . . . . .                       | 80  |
| 4.6 | 共有領域種の進化過程 . . . . .                                | 81  |
| 4.7 | SystemA の種の進化環境図 . . . . .                          | 83  |
| 4.8 | SystemB の種の進化環境図 . . . . .                          | 85  |
| 4.9 | オブジェクトの進化モデル . . . . .                              | 88  |
| 5.1 | オブジェクト Class C の参照組織 . . . . .                      | 97  |
| 5.2 | クラスの性質の依存関係 . . . . .                               | 98  |
| 5.3 | プロジェクト管理者から見た開発工程の参照組織 . . . . .                    | 103 |
| 5.4 | 開発者から見た開発工程の参照組織 . . . . .                          | 104 |
| 5.5 | 衝突を解消した結果 . . . . .                                 | 107 |
| 5.6 | ソフトウェア開発管理システムの統合モデル . . . . .                      | 110 |
| B.1 | SystemA におけるメソッド行数 (MLOC) の観測度数分布と幾何分布 . . . . .    | 136 |
| B.2 | SystemB におけるメソッド行数 (MLOC) の観測度数分布と幾何分布 . . . . .    | 137 |
| B.3 | SystemC におけるメソッド行数 (MLOC) の観測度数分布と幾何分布 . . . . .    | 138 |
| B.4 | SystemA におけるクラス行数 (CLOC) の観測度数分布と幾何分布               | 139 |
| B.5 | SystemB におけるクラス行数 (CLOC) の観測度数分布と幾何分布               | 140 |
| B.6 | SystemC におけるクラス行数 (CLOC) の観測度数分布と幾何分布               | 141 |
| B.7 | SystemA におけるクラスのメソッド数 (CNOM) の観測度数分布と幾何分布 . . . . . | 142 |
| B.8 | SystemB におけるクラスのメソッド数 (CNOM) の観測度数分布と幾何分布 . . . . . | 143 |
| B.9 | SystemC におけるクラスのメソッド数 (CNOM) の観測度数分布と幾何分布 . . . . . | 144 |

|     |                            |     |
|-----|----------------------------|-----|
| D.1 | プロジェクト管理者の利用者モデル . . . . . | 148 |
| D.2 | 開発者の利用者モデル . . . . .       | 149 |
| D.3 | 構成管理者の利用者モデル . . . . .     | 150 |
| D.4 | 品質監査者の利用者モデル . . . . .     | 151 |



## 表一覧

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.1 | SystemA の成長 . . . . .  | 27 |
| 1.2 | SystemB の成長 . . . . .  | 29 |
| 1.3 | SystemC の成長 . . . . .  | 31 |
| 2.1 | SystemA のメソッド行数の基本統計量 . . . . .  | 35 |
| 2.2 | SystemB のメソッド行数の基本統計量 . . . . .  | 35 |
| 2.3 | SystemC のメソッド行数の基本統計量 . . . . .  | 37 |
| 2.4 | SystemC のメソッド行数の基本統計量 (つづき) . . . . .  | 37 |
| 2.5 | 3 システム全体で定義されたメソッド行数の基本統計量 . . . . .   | 38 |
| 2.6 | クラス継承木を構成するクラスの数 (NCBT) から観測したクラス継承木の進化過程 . . . . .                                    | 42 |
| 2.7 | クラス削除の理由とその割合 ( ( ) 内はメソッド数を表す ) . . . . .   | 48 |
| 3.1 | SystemA におけるクラスの性質を表す計測値の相関分析結果 (相関係数) . . . . .                                       | 54 |
| 3.2 | 継承木ごとの CLOC と CNOM の間の相関係数 . . . . .   | 55 |
| 3.3 | SystemA における各継承木の C 値に関する基本統計量 . . . . .   | 57 |
| 3.4 | SystemA における両側 t 検定によって求めた有意水準 : P 値 (表の有意水準 P 値が検定で用いた有意水準より小さいとき帰無仮説を棄却する) . . . . . | 58 |
| 3.5 | SystemA の各クラス継承木ごとの C 値の平均値および分散に対する両側 t 検定と両側 F 検定より求めた有意水準 : P 値 . . . . .           | 59 |
| 3.6 | SystemB の各クラス継承木の基本統計量 . . . . .   | 62 |
| 3.7 | SystemB における両側 t 検定によって求めた有意水準 : P 値 . . . . .   | 62 |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 3.8  | SystemB の各クラス継承木で求めた C 値の平均値および分散に対する両側 t 検定と両側 F 検定で求めた有意水準：P 値 . . . . .                  | 63  |
| 3.9  | SystemC のクラス継承木における C 値の基本統計量 . . . . .   | 66  |
| 3.10 | SystemC のクラス継承木のクラスを対象とした C 値に対する両側 t 検定で求めた有意水準：P 値（ただし，証券 n は証券領域 n のクラス継承木を表す） . . . . . | 67  |
| 4.1  | 共有領域種の進化率の分布 (%) . . . . .  | 86  |
| A.1  | SystemA におけるクラス行数 (CLOC) の基本統計量の変化 . . . . .  | 126 |
| A.2  | SystemB におけるクラス行数 (CLOC) の基本統計量の変化 . . . . .  | 126 |
| A.3  | SystemC におけるクラス行数 (CLOC) の基本統計量の変化 . . . . .  | 127 |
| A.4  | SystemA におけるクラスの変数 (NIV) の基本統計量の変化 . . . . .  | 127 |
| A.5  | SystemB におけるクラスの変数 (NIV) の基本統計量の変化 . . . . .  | 128 |
| A.6  | SystemC におけるクラスの変数 (NIV) の基本統計量の変化 . . . . .  | 128 |
| A.7  | SystemA におけるクラスのメソッド数 (CNOM) の基本統計量の変化 . . . . .  | 129 |
| A.8  | SystemB におけるクラスのメソッド数 (CNOM) の基本統計量の変化 . . . . .  | 129 |
| A.9  | SystemC におけるクラスのメソッド数 (CNOM) の基本統計量の変化 . . . . .  | 130 |
| A.10 | SystemA における継承の深さ (DIT) の基本統計量の変化 . . . . .   | 130 |
| A.11 | SystemB における継承の深さ (DIT) の基本統計量の変化 . . . . .   | 131 |
| A.12 | SystemC における継承の深さ (DIT) の基本統計量の変化 . . . . .   | 131 |
| A.13 | SystemA 全体で集計したメソッド行数 (MLOC) の基本統計量の変化 . . . . .  | 132 |
| A.14 | SystemB 全体で集計したメソッド行数 (MLOC) の基本統計量の変化 . . . . .  | 132 |
| A.15 | SystemC 全体で集計したメソッド行数 (MLOC) の基本統計量の変化 . . . . .  | 133 |
| B.1  | SystemA におけるメソッド行数 (MLOC) の観測値の基本統計量  | 136 |

|   |     |
|---|-----|
| B.2 SystemB におけるメソッド行数 (MLOC) の観測値の基本統計量                  | 137 |
| B.3 SystemC におけるメソッド行数の観測値の基本統計量 . . . . .                | 138 |
| B.4 SystemA におけるクラス行数 (CLOC) の観測値の基本統計量 . .               | 139 |
| B.5 SystemB におけるクラス行数 (CLOC) の観測値の基本統計量 . .               | 140 |
| B.6 SystemC におけるクラス行数 (CLOC) の観測値の基本統計量 . .               | 141 |
| B.7 SystemA におけるクラスのメソッド数 (CNOM) の観測値の基<br>本統計量 . . . . . | 142 |
| B.8 SystemB におけるクラスのメソッド数 (CNOM) の観測値の基<br>本統計量 . . . . . | 143 |
| B.9 SystemC におけるクラスのメソッド数 (CNOM) の観測値の基<br>本統計量 . . . . . | 144 |
| C.1 SystemA における相関分析結果 . . . . .                          | 145 |
| C.2 SystemB における相関分析結果 . . . . .                          | 146 |
| C.3 SystemC における相関分析結果 . . . . .                          | 146 |

