

ロボット家族システム (RFS) の開発に向けて ～生成 AI を用いた円環モデルの実装～

Toward the Development of the Robot Family System (RFS):
Implementing a Circumplex Model with Generative AI

平野 太一 *1

Taichi Hirano

田中 文英 *2

Fumihide Tanaka

*1 筑波大学 知能機能システム学位プログラム

Doctoral Program in Intelligent and Mechanical Interaction Systems, University of Tsukuba

*2 筑波大学 システム情報系

Institute of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

家族システムに関する Olson の円環モデルは人間家族の状態やその遷移を説明することができ、望ましい家族状態への指針を提供する。人間が複数のロボットや AI エージェントと共に生活する時代に向けて、こうした家族システムや家族心理学の知見を参考にして人間にとって望ましい家族の状態維持に寄与するロボット家族システム (RFS) の開発を目指す。最初の試みとして、ROS 上で人間家族のような行動生成が可能なマルチエージェントシステムを実装し、Olson の円環モデルに基づき家族の状態をバランスの取れた状態に維持する仕組みを検討した。

1. はじめに

健全な状態の家族はそこで暮らす人々にとって「安全基地」となり、物理的にも精神的にもよりどころとなることができる。その一方で我が国では単身世帯率が 40% に達しつつあり、孤独や孤立の問題が年々深刻化している。同時に、近年の AI やロボット関連技術の急速な発展により、家庭環境において人々が AI エージェントやロボットと共に暮らすことはもはや夢物語ではなくなった。このように、人間と AI エージェントやロボット達によってヘテロジーニアスに構成される家族において、人々の安全基地となれるような健全な状態の家族はどのようにすれば実現されるであろうか？

家族心理学の分野では、人間の家族を対象として、望ましい家族の在り方を含めて様々な研究が行われてきている。その中で我々は家族をシステム論的に捉える家族システム理論に着目した。David Olson らによって 40 年間以上にわたり研究が続けられている円環モデル [Olson 79, Olson 11] は、家族の状態とその状態遷移を 3 次元システムとしてモデル化するもので、家族セラピーなど臨床の場面でも活用されている。

本研究では、まず、ROS (Robot Operating System) と LLM (Large Language Model) を用いて人間の家族のような行動のやりとりを行うマルチエージェントシステムを実装し、そこに人間が加わって前述のような家族をシミュレーション可能な基本環境を構築する。続いて、Olson の円環モデルを実装して任意のタイミングでこの家族の状態を評価できるようにする。そしてその評価に基づきより望ましい家族状態に自律的に遷移していくマルチエージェントシステムの制御を行う。本論文ではこのマルチエージェントシステム全体をロボット家族システム (Robot Family System: RFS) と名付け、その最初の実装計画について述べる。

2. ロボット家族システム (RFS)

図 1 に開発中の RFS の全体構成を示す。RFS は ROS 上に開発されておりソースコードは Github で公開されている *1。

連絡先: 田中 文英, 筑波大学システム情報系, 茨城県つくば市天
王台 1-1-1, 029-853-6175, fumihide.tanaka@gmail.com

*1 <https://github.com/robotfamily>

2.1 マルチエージェントノード

ROS においては特定のタスクを担う独立したプロセスあるいはそのプログラムをノードと呼ぶが、マルチエージェントノードは家族をシミュレートするノードである。ユーザ (人間) が最初に設定した任意の家族構成に従い、各々構成員 (例えば「父」「母」「娘」など) の個性を有するエージェントが LLM を用いてシミュレートされる。2026 年 2 月時点の実装では各エージェントの取り得る行動は会話と移動のみであり、これらの行動が LLM によって各々独立に生成されている。複数エージェントの行動生成は中央集権型と分散型の双方を試験的に実装しているが [Hirano 26]、現在の実装では主に分散型を採用して家族の会話のやりとりが実現されている。

2.2 Olson の円環モデル

Olson の円環モデル (The Circumplex Model of Marital and Family Systems) は、家族の機能や状態を分析するモデルとして広く知られており、関係性診断や家族セラピーの場面において特に有効であると言われている。その特徴は家族をシステムと見てその状態を cohesion, flexibility, communication の 3 次元で捉えることにあり、さらには cohesion と flexibility が共に中程度にバランスが取れている状態の家族がより機能的であるという中心仮説を唱えている。実際に人間を対象にした臨床や研究の場面では FACES と呼ばれるアンケートを用いて cohesion, flexibility, communication を測定し、その結果をもとに現時点の家族の状態を評価する。なお、状態は cohesion と flexibility で張られる 2 次元平面上の 1 点として表現されており、communication は cohesion や flexibility のダイナミックな変化 (動き) を促進するものとされている。円環モデルや FACES は 40 年以上にわたる研究で何度かアップデートされてきているが、本研究では 2011 年に発表された円環モデルおよび FACES IV [Olson 11] を参考にして RFS を開発中である。

2.3 ロボット家族とユーザ (人間) のやりとり

現在の実装では、ユーザ (人間) は音声を通じてロボット家族 (複数のエージェント達) と相互作用するようになっている (図 1 参照)。ユーザはロボット家族の会話を聞きながら随時マイクを通じて話しかけることが可能であり、その音声入力

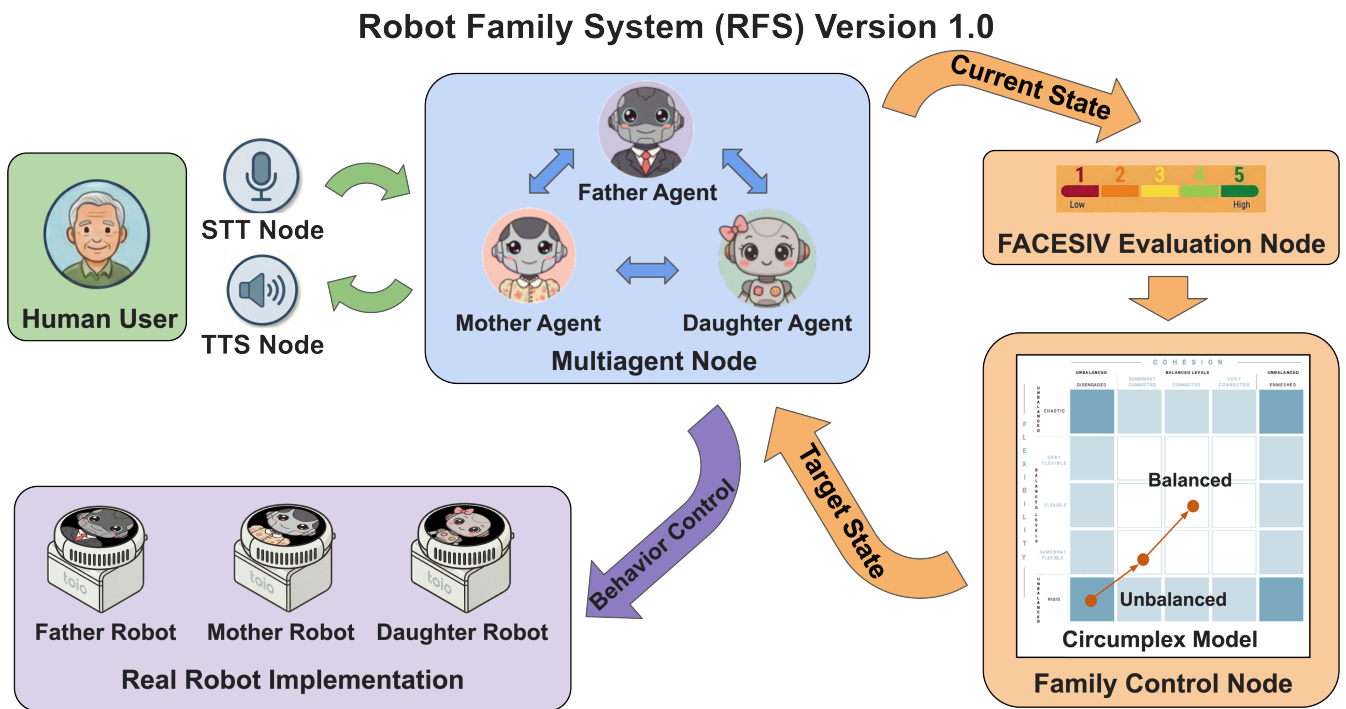


図 1: ロボット家族システム (RFS) の全体構成 (図は ChatGPT と Gemini を用いて作成)



図 2: 3 体の toio を用いたエージェントの実装

は STT (Speech-To-Text) を通じてロボット家族に渡される。マルチエージェントノードでは、ユーザの音声入力及び全エージェントの会話履歴をもとに次ステップのエージェント行動が各々 LLM により生成されて実行される。

このように現在の実装ではエージェントの行動は会話が中心となっているが、試験的に実ロボットを用いてその移動動作も行動に含める試みも行っている。実ロボットはソニー製の小型移動ロボット toio の上に小型の Bluetooth スピーカーを載せたもので、図 2 では父・母・娘の 3 体のエージェントが実ロボットとして実装されている。この場合、マルチエージェントノードで行動が生成される際には各エージェントの発話内容に加えて toio の移動 (2 輪動作) も同時に生成されるようにした。現状ではこれを LLM を用いて行っているが移動行動の適切性にはまだ改善の余地がある。

2.4 家族状態の制御

1 章の冒頭にも記したように、健全な状態の家族はそこで暮らす人々にとって安全基地となり、望ましい。健全な家族状態の指標として Olson の中心仮説は家族の状態がバランスタイプにあること (円環モデル中の中心部周辺領域) を述べている。そこで RFS では、ユーザとロボット家族の間で日々繰り返される相互作用 (行動履歴) をもとに家族状態を円環モデ

ル上で日々評価し続け、様々な要因によって家族状態が悪化した際にはバランスタイプに回帰していくようマルチエージェントシステムの行動を制御する。これによって家族状態の良さを保ち、ユーザにとって安全基地となることを目指す。

3. おわりに

本稿では、ロボット家族システム RFS に関して基本原理と開発の背景および目標について概説した。本研究プロジェクトは現在進行中であり、様々な展開を含めて今後も進捗を報告していく予定である。

謝辞

本研究は科研費 23H00484 および Cross-Pacific AI Initiative (X-PAI) の支援を受けて行われました。

参考文献

- [Hirano 26] Hirano, T. and Tanaka, F.: Dialogue Generation for Robot Family Using ROS and Generative AI: Initial Implementation of Centralized and Distributed Systems, in *Proceedings of the 2026 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (2026)*, in press
- [Olson 79] Olson, D. H., Sprenkle, D. H., and Russell, C. S.: Circumplex Model of Marital and Family Systems: I. Cohesion and Adaptability Dimensions, Family Types, and Clinical Applications, *Family Process*, Vol. 18, No. 1, pp. 3-28 (1979)
- [Olson 11] Olson, D.: FACES IV and the Circumplex Model: Validation Study, *Journal of Marital and Family Therapy*, Vol. 37, No. 1, pp. 64-80 (2011)