2021年
ユビキタスロボティクス特論

Service Robot Design Matrix (SRDM)を用いたサービスロボットシステムの開発

システムデザイン研究科
機械システム工学域
和田研究室　修士2年
20862637
斉藤　奈穂

TOKYO METROPOLITAN UNIVERSITY

MECHANICAL SYSTEMS ENGINEERING　WADA LABORATORY

Outline

1. 研究背景・目的
2. 提案ツール「 Service Robot Design Matrix (SRDM) 」
3. 作業内容

研究背景と目的 Background and goal of this study

■ サービスロボットの需要 The demand for Service Robots

- ▶ **人とインタラクション**＋**様々な環境下**＋**複雑で自律した動作**＝**多様なサービス**を提供

Service robots provide a variety of services while interacting with people, and making complex and autonomous motions in various environments

- ▶ 介護や小売分野などで深刻な人手不足→様々なサービス分野でサービスロボットの活躍に期待

The demand for Service Robots is expected to increase further

Service Robots

物流・自律走行型配送ロボット
（RICE・アスラテック）

家庭内清掃・ロボット掃除機
（Roomba・iRobot）

介護・メンタルコミットロボット
（Paro・産業技術総合研究所）

タスク・要求が多種多様で不明確
Tasks and requirements are diverse and unclear

Industrial Robots

（川崎重工）

タスク・要求が明確
Tasks and requirements are clear

サービスロボットの社会への普及は限定的
the majority of service robots do not reach the market

研究背景と目的 Background and goal of this study

■ サービスロボット開発

これまでのロボット ▶ ロボットが実行できるタスクが中心・「技術起点」によって開発

Most of today's robot developments often seem to be guided by not interaction, or social aims, but by the technical feasibility, the type and tasks a robot can perform

これからのサービスロボット ▶ どこで，どのように活躍できるか考慮して開発することが求められる

For future Service Robot Development, It is important to design service robots considering the needs of the targeted users and context of use

- ロボットの機能 ＋ **ロボットが使用される文脈**を考慮した設計
- 企画・構想と概念設計を行う**上流設計の重要性**

問題点

サービスロボットの上流設計を行うための標準化された方法が存在しない

There is not a standardized design platform for service robots considered context of use of robots as well as robot functions

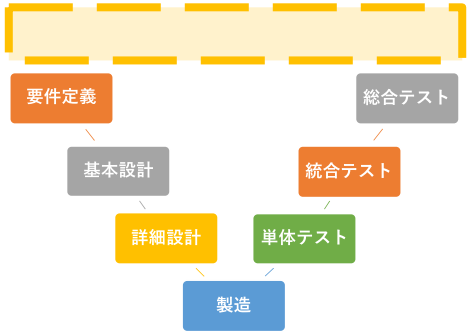


Fig. ロボット開発のV字モデル

■ 研究目的 Goal of this study

ロボットが使用される文脈を考慮したサービスロボットの開発を支援するツールの開発

Developing a framework for designing service robots which considering the needs of the targeted users and context of use as well as the technical feasibility

提案ツール「Service Robot Design Matrix (SRDM)」

■ Service Robot Design Matrix (SRDM)

▶ サービスシステム全体を考慮したロボットシステムの設計検討を行うための**フレームワーク**

A framework to design robot systems considering the entire service system

		Task			Context			Robot System		
Task	A			1		1	1		
		B				1			
			C						
Context				D			1		
					E			1	
	1	1				F			
Robot System	1			1			G		
					1			H	
									I

マトリクス上で
設計要素間の相互作用をマップ化

クラスタリング
clustering

遺伝的アルゴリズム
＆局所探索法
genetic algorithm & local search

	B	1							
	1	F			1				
			C						
				G	1	1			
		1		1	A	1			
				1		D			
							H	1	
							1	E	
									I

要素の集合，
集合間のインターフェースを確認

ある要素を何らかの理由で変更したとき，その影響先を辿ることが可能

When an element is changed for some reason, it is possible to trace the influence of the change

提案ツール「 Service Robot Design Matrix (SRDM) 」

■ Keyword

- **フレームワーク　Frameworks**
  - 検討すべき項目やポイントをパターンとして落としこんで**考えるための枠組み**
  - 当てはめた情報が整理され，目的達成への道筋を見つけやすくなる
  - A framework for thinking of items and points to be considered in a pattern
  - The information you apply is organized, making it easier to find a path to achieve your goals
- **マトリクス　Matrix**
  - 縦軸と横軸に分析したい要素が記述された行列形式の表のこと
  - **関係性を持つ要素の行と列が交差する箇所に書き込みをすることで要素間の依存関係の分析が可能**
  - a square matrix (it has an equal number of rows and columns) that shows relationships between elements in a system
- **クラスタリング　Clustering**
  - ある集合を何らかの規則によって分類すること
  - **互いに依存関係の強い要素同士の特定が可能**
  - Classifying a set according to some rule
  - It is possible to identify elements that have strong dependencies with each other

作業の概要：テーマ　Today's work

■ テーマ　Theme

- Service Robot Design Matrix (SRDM)で開発するロボットシステムの要求分析を行う

  Create Service Robot Design Matrix (SRDM) for requirements analysis of the robot system

■ アウトプット Output

- SysML＋**Service Robot Design Matrix (SRDM)**

				Task		Context																																	
				Usecase	Usecase	Who	Who	Who	Whom	Time	Time	Time	Time	Time	Location	Location	Location	Why	Why	Why	Physical E	Physical E	Physical E	Appearance	Appearance	Appearance	Functional	Functional	Functional	Functional	Functional	Mechanical	Mechanical	Mechanical	Interaction	Interaction	Interaction	Interaction	Interaction
				綱引きする	勝敗を決定する	ユーザー	対戦相手	ロボット	ロボット	在宅勤務している時	運動不足を感じた時	ストレス発散したい時	昼休憩の時	綱引きをした後	自宅	机の上	うるさくしても問題ない場所	全力で体を動かしたい	ストレスを解消したい	孤独感を解消したい	家族	家具	うちわ	ネズミ型の小型ロボット	プロペラ	勝敗結果の表示画面	風速を計測する	直進する	現在位置を計測する	勝敗結果を出力する	風速センサ	移動機構	自己位置推定センサ	体験型・体力消耗を促す	体の動きがロボットに反映される	遠隔の対戦相手と一緒にできる
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Task	Usecase	綱引きする	1																																				
Task	Usecase	勝敗を決定する	2																																				
Context	Who	ユーザー	3	1																																			
Context	Who	対戦相手	4	1																																			
Context	Who	ロボット	5		1																																		
Context	Whom	ロボット	6	1																																			
Context	Time	在宅勤務している時	7	1																																			
Context	Time	運動不足を感じた時	8	1																																			
Context	Time	ストレス発散したい時	9	1																																			
Context	Time	昼休憩の時	10	1																																			
Context	Time	綱引きをした後	11		1																																		
Context	Location	自宅	12	1																																			
Context	Location	机の上	13	1																																			
Context	Location	うるさくしても問題ない場所	14	1																																			
Context	Why	全力で体を動かしたい	15	1																																			
Context	Why	ストレスを解消したい	16	1	1																																		
Context	Why	孤独感を解消したい	17	1	1																																		
Context	Physical Elements	家族	18	1																																			
Context	Physical Elements	家具	19	1																																			
Context	Physical Elements	うちわ	20	1																																			
Robot System	Appearance Design	ネズミ型の小型ロボット	21	1					1							1																							
Robot System	Appearance Design	プロペラ	22	1					1																														
Robot System	Appearance Design	勝敗結果の表示画面	23		1			1																															
Robot System	Functional Design	風速を計測する	24	1					1														1																
Robot System	Functional Design	直進する	25	1					1												1	1																	
Robot System	Functional Design	現在位置を計測する	26	1	1			1	1																														
Robot System	Functional Design	勝敗結果を出力する	27		1			1																															
Robot System	Mechanical Design	風速センサ	28	1					1																														
Robot System	Mechanical Design	移動機構	29	1					1																														
Robot System	Mechanical Design	自己位置推定センサ	30	1	1			1	1																														
Robot System	Interaction Design	体験型・体力消耗を促す	31	1														1	1																				
Robot System	Interaction Design	体の動きがロボットに反映される	32	1														1	1																				
Robot System	Interaction Design	遠隔の対戦相手と一緒にできる	33	1																1																			

Fig. Example of SRDM

作業の概要：マトリクスの作り方 How to create SRDM

1. **ロボットシステムの設計要素をリスト化する**
   - 指定するカテゴリー表を参考に作成（次のスライド）
2. **リスト化した要素を正方行列の行と列に並べる**
3. **依存関係のある要素の交点にマークを記入する**
   - 要素間で関係がないものにはマークをつけない

1. Make a list of design elements for the robotic system
   - Create the list with reference to the category table to be specified (next slide)
2. Arrange the listed elements in the rows and columns of a square matrix
3. Mark the intersection points of the elements that have dependencies
   - Do not mark elements that are not related to each other

作業の概要：マトリクスの作り方 How to create SRDM

1. ロボットシステムの設計要素をリスト化する

Make a list of design elements for the robotic system

Table. SRDMのカテゴリー表

Category	Subcategory	Definition	
Task	Usecase	システムが遂行する単位業務	The unit task that the system performs
Context	Who	タスクを実行するもの	Who execute the task
	Whom	タスクの対象となるもの・受給者	The recipients of the task
	Time	タスクが実行される時間	Time at which the task will be performed
	Location	タスクが実行される場所	Where the task is to be performed
	Why	タスクを実行する目的	Purpose for performing the task
	Physical Elements	タスクを実行する際に関与する製品や設備 Products or equipment involved in executing the task	
Robot System	Appearance Design	ロボットシステムの見た目のデザイン	The visual design of the robotic system
	Functional Design	タスクを実行するために必要なロボットシステムの機能 Functions of the robotic system required to execute the task	
	Mechanical Design	タスクを実行するために必要な機能実現のためのロボットシステムの機械設計 Mechanical design of the robotic system to realize the functions	
	Interaction Design	ロボットシステムと受給者の間に発生するインタラクションのデザイン Design of the interactions that will occur between the robotic system and the recipients	

作業の概要：例 Examples

■ カテゴリー表の埋め方のポイント

- カテゴリー内の要素数は，システムの大きさに依存
- Taskのカテゴリーは，ユースケース図のユースケースと同様で良い
- それぞれのユースケースごとに，ContextやRobot Systemを考える
- The number of elements for each category depends on the size of the system
- The categories of Task can be the same as the use cases in the use case diagram(SysML)
- For each use case, consider the Context and Robot System

Category	Sub Category	Information	
Task	Usecase	綱引きする	Play Tug of War
		勝敗を決定する	Determine the winner
Context	Who	ユーザー	Users
		ロボット	Robot
		⋮	...
	Whom	ロボット	Robot
	Time	在宅勤務している時	When you work from home
		綱引きをした後	After a game of tug-of-war
		⋮	...
	Location	自宅	Home
		⋮	...
	Why	全力で体を動かしたい	Want to work out
		⋮	...
	Physical Elements	家具	Furniture
		⋮	...
Robot System	Appearance Design	ネズミ型の小型ロボット	Small rat-shaped robot
		勝敗結果の表示画面	Display screen showing results
		⋮	...
	Functional Design	風速を計測する	Measure the wind speed
		現在位置を計測する	Measure the current position
		勝敗結果を出力する	Output the result
		⋮	...
	Mechanical Design	風速センサ	Wind Speed Sensor
		移動機構	Locomotion System
		⋮	...
	Interaction Design	体験型・体力消耗を促す	Promotes physical exhaustion
		体の動きがロボットに反映される	Body movements are reflected in the robot
		⋮	...

作業の概要：マトリクスの作り方　How to create SRDM

2. リスト化した要素を正方行列の行と列に並べる

Arrange the listed elements in the rows and columns of a square matrix

作成したカテゴリー表
the listed elements

				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
				Task		Context																														
				Usecase	Usecase	Who	Who	Who	Whom	Time	Time	Time	Time	Time	Location	Location	Location	Why	Why	Why	Physical E	Physical E	Physical E	Appearance	Appearance	Appearance	Functional	Functional	Functional	Mechanical	Mechanical	Mechanical	Interaction	Interaction	Interaction
				綱引きする	勝敗を決定する	ユーザー	対戦相手	ロボット	ロボット	在宅勤務している時	運動不足を感じた時	ストレス発散したい時	昼休憩の時	綱引きをした後	自宅	机の上	うるさくしても問題ない場所	全力で体を動かしたい	ストレスを解消したい	孤独感を解消したい	家族	家具	うちわ	ネズミ型の小型ロボット	プロペラ	勝敗結果の表示画面	風速を計測する	直進する	現在位置を計測する	勝敗結果を出力する	風速センサ	移動機構	自己位置推定センサ	体験型・体力消耗を促す	体の動きがロボットに反映される	遠隔の対戦相手と一緒にできる
Task	Usecase	綱引きする	1																																	
Task	Usecase	勝敗を決定する	2																																	
Context	Who	ユーザー	3	1																																
Context	Who	対戦相手	4	1																																
Context	Who	ロボット	5		1																															
Context	Whom	ロボット	6	1																																
Context	Time	在宅勤務している時	7	1																																
Context	Time	運動不足を感じた時	8	1																																
Context	Time	ストレス発散したい時	9	1																																
Context	Time	昼休憩の時	10	1																																
Context	Time	綱引きをした後	11		1																															
Context	Location	自宅	12	1																																
Context	Location	机の上	13	1																																
Context	Location	うるさくしても問題ない場所	14	1																																
Context	Why	全力で体を動かしたい	15	1																																
Context	Why	ストレスを解消したい	16	1	1																															
Context	Why	孤独感を解消したい	17	1	1																															
Context	Physical Elements	家族	18	1																																
Context	Physical Elements	家具	19	1																																
Context	Physical Elements	うちわ	20	1																																
Robot System	Appearance Design	ネズミ型の小型ロボット	21	1					1							1																				
Robot System	Appearance Design	プロペラ	22	1					1																											
Robot System	Appearance Design	勝敗結果の表示画面	23		1			1																												
Robot System	Functional Design	風速を計測する	24	1					1														1													
Robot System	Functional Design	直進する	25	1					1												1	1														
Robot System	Functional Design	現在位置を計測する	26	1	1			1	1																											
Robot System	Functional Design	勝敗結果を出力する	27		1			1																												
Robot System	Mechanical Design	風速センサ	28	1					1																											
Robot System	Mechanical Design	移動機構	29	1					1																											
Robot System	Mechanical Design	自己位置推定センサ	30	1	1			1	1																											
Robot System	Interaction Design	体験型・体力消耗を促す	31	1														1	1																	
Robot System	Interaction Design	体の動きがロボットに反映される	32	1														1	1																	
Robot System	Interaction Design	遠隔の対戦相手と一緒にできる	33	1																1																

作業の概要：マトリクスの作り方　How to create SRDM

3. 依存関係のある要素の交点にマーク「1」を記入する

Mark「1」 the intersection points of the elements that have dependencies

関係している要素の交点に「1」と入力

Mark「1」 the intersection points of the elements

				Task		Context																		
				Usecase	Usecase	Who	Who	Who	Whom	Time	Time	Time	Time	Time	Location	Location	Location	Why	Why	Why	Physical E	Physical E	Physical E	Appearance
				綱引きする	勝敗を決定する	ユーザー	対戦相手	ロボット	ロボット	在宅勤務している時	運動不足を感じた時	ストレス発散したい時	昼休憩の時	綱引きをした後	自宅	机の上	うるさくしても問題ない場所	全力で体を動かしたい	ストレスを解消したい	孤独感を解消したい	家族	家具	うちわ	ネズミ型の小型ロボット
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Task	Usecase	綱引きする	1																					
Task	Usecase	勝敗を決定する	2																					
Context	Who	ユーザー	3	1																				
Context	Who	対戦相手	4	1																				
Context	Who	ロボット	5		1																			
Context	Whom	ロボット	6	1																				
Context	Time	在宅勤務している時	7	1																				
Context	Time	運動不足を感じた時	8	1																				
Context	Time	ストレス発散したい時	9	1																				
Context	Time	昼休憩の時	10	1																				
Context	Time	綱引きをした後	11		1																			
Context	Location	自宅	12	1																				
Context	Location	机の上	13	1																				
Context	Location	うるさくしても問題ない場所	14	1																				
Context	Why	全力で体を動かしたい	15	1																				
Context	Why	ストレスを解消したい	16	1	1																			
Context	Why	孤独感を解消したい	17	1	1																			
Context	Physical Elements	家族	18	1																				
Context	Physical Elements	家具	19	1																				
Context	Physical Elements	うちわ	20	1																				
Robot System	Appearance Design	ネズミ型の小型ロボット	21	1					1							1								

ロボット（Context/Who）が，
勝敗を決定する（Task/Usecase）

				Task		Context										
				Usecase	Usecase	Who	Who	Who	Whom	Time	Time	Time	Time	Time	Location	Location
				綱引きする	勝敗を決定する	ユーザー	対戦相手	ロボット	ロボット	在宅勤務している時	運動不足を感じた時	ストレス発散したい時	昼休憩の時	綱引きをした後	自宅	机の上
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Task	Usecase	綱引きする	1													
Task	Usecase	勝敗を決定する	2													
Context	Who	ユーザー	3	1												
Context	Who	対戦相手	4	1												
Context	Who	ロボット	5		1											
Context	Whom	ロボット	6	1												
Context	Time	在宅勤務している時	7	1												
Context	Time	運動不足を感じた時	8	1												
Context	Time	ストレス発散したい時	9	1												
Context	Time	昼休憩の時	10	1												
Context	Time	綱引きをした後	11		1											
Context	Location	自宅	12	1												
Context	Location	机の上	13	1												

関係している要素の交点に「1」と入力
Mark「1」 the intersection points of the elements

行と列は同じ要素のため，入力は下三角部分だけでOK
Rows and columns are the same element, so only the lower triangle is needed for input

				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Task	Usecase	綱引きする	1																																	
Task	Usecase	勝敗を決定する	2																																	
Context	Who	ユーザー	3	1																																
Context	Who	対戦相手	4	1																																
Context	Who	ロボット	5		1																															
Context	Whom	ロボット	6	1																																
Context	Time	在宅勤務している時	7	1																																
Context	Time	運動不足を感じた時	8	1																																
Context	Time	ストレス発散したい時	9	1																																
Context	Time	昼休憩の時	10	1																																
Context	Time	綱引きをした後	11		1																															
Context	Location	自宅	12	1																																
Context	Location	机の上	13	1																																
Context	Location	うるさくしても問題ない場所	14	1																																
Context	Why	全力で体を動かしたい	15	1																																
Context	Why	ストレスを解消したい	16	1	1																															
Context	Why	孤独感を解消したい	17	1	1																															
Context	Physical Elements	家族	18	1																																
Context	Physical Elements	家具	19	1																																
Context	Physical Elements	うちわ	20	1																																
Robot System	Appearance Design	ネズミ型の小型ロボット	21	1					1							1																				
Robot System	Appearance Design	プロペラ	22	1					1																											
Robot System	Appearance Design	勝敗結果の表示画面	23		1			1																												
Robot System	Functional Design	風速を計測する	24	1					1														1													
Robot System	Functional Design	直進する	25	1					1												1	1														
Robot System	Functional Design	現在位置を計測する	26	1	1			1	1																											
Robot System	Functional Design	勝敗結果を出力する	27		1			1																												
Robot System	Mechanical Design	風速センサ	28	1					1																											
Robot System	Mechanical Design	移動機構	29	1					1																											
Robot System	Mechanical Design	自己位置推定センサ	30	1	1			1	1																											
Robot System	Interaction Design	体験型・体力消耗を促す	31	1														1	1																	
Robot System	Interaction Design	体の動きがロボットに反映される	32	1														1	1																	
Robot System	Interaction Design	遠隔の対戦相手と一緒にできる	33	1																1																

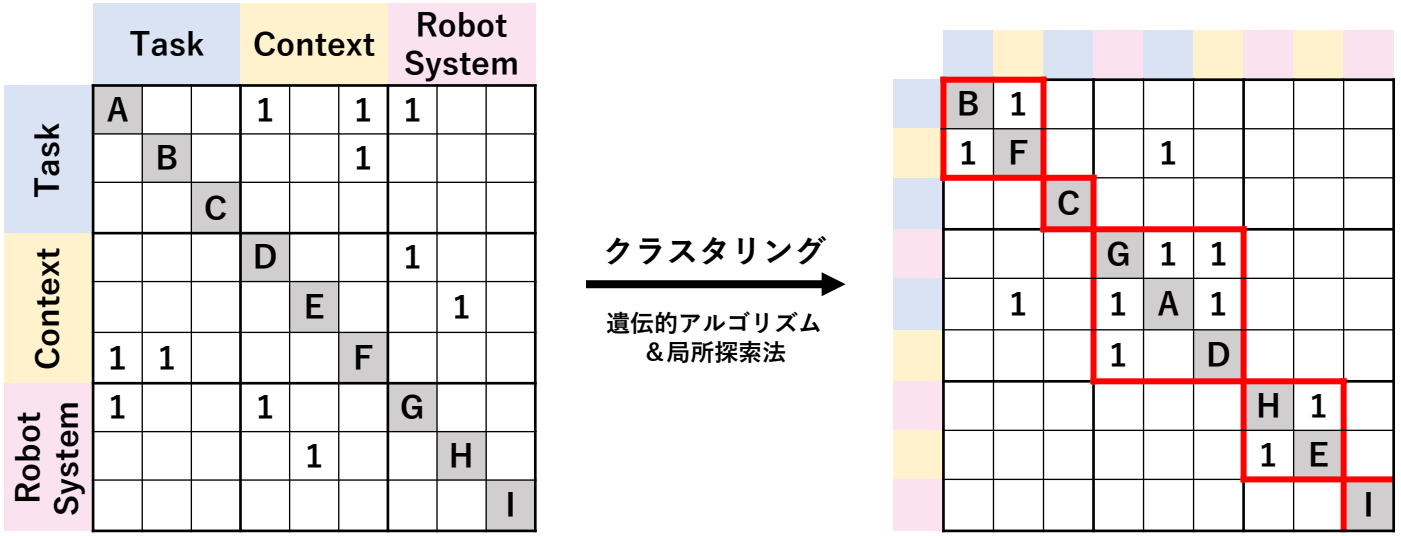
作業の概要：マトリクスの作り方　How to create SRDM

■ ここまでできたら，完成したマトリクスをkibacoに提出（提出日は6/16を予定）

When you are done, submit the completed matrix to kibaco

■ 後日，マトリクスをクラスタリングした結果を配布　→　結果を参考にロボット開発

Later, distribute the result of clustering the matrix → Develop the robot based on the result



Context	Who	ユーザー		1	##		1																														
Robot System	Functional Design	風速を計測する	1	2		##	1			1						1																					
Task	Usecase	綱引きする	0	3	1	1	##	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1			1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Robot System	Appearance Design	ネズミ型の小型ロボット	0	4			1	##		1							1																				
Robot System	Appearance Design	プロペラ	0	5			1		##	1																											
Context	Whom	ロボット	0	6		1	1	1	1	##	1	1		1							1			1													
Robot System	Mechanical Design	風速センサ	0	7			1			1	##																										
Robot System	Mechanical Design	移動機構	0	8			1			1		##																									
Context	Physical Elements	家具	0	9			1						##	1																							
Robot System	Functional Design	直進する	0	10			1			1			1	##	1																						
Context	Physical Elements	家族	0	11			1							1	##																						
Context	Physical Elements	うちわ	0	12		1	1									##																					
Context	Location	机の上	0	13			1	1									##																				
Context	Time	運動不足を感じた時	1	14			1											##																			
Context	Who	ロボット	1	15															##	1	1	1	1	1													
Task	Usecase	勝敗を決定する	0	16															1	##	1	1	1	1	1							1			1		
Robot System	Mechanical Design	自己位置推定センサ	0	17			1			1									1	1	##																
Robot System	Appearance Design	勝敗結果の表示画面	0	18															1	1		##															
Robot System	Functional Design	勝敗結果を出力する	0	19															1	1			##														
Robot System	Functional Design	現在位置を計測する	0	20			1			1									1	1				##													
Context	Time	綱引きをした後	0	21																1					##												
Context	Who	対戦相手	1	22			1																			##											
Context	Location	自宅	1	23			1																				##										
Context	Location	うるさくしても問題ない場所	1	24			1																					##									
Context	Time	昼休憩の時	0	25			1																						##								
Context	Why	全力で体を動かしたい	1	26			1																							##	1	1					
Robot System	Interaction Design	体の動きがロボットに反映される	0	27			1																							1	##		1				
Robot System	Interaction Design	体験型・体力消耗を促す	0	28			1																							1		##	1				
Context	Why	ストレスを解消したい	0	29			1													1											1	1	##				
Context	Time	ストレス発散したい時	1	30			1																											##			
Context	Time	在宅勤務している時	1	31			1																												##		
Context	Why	孤独感を解消したい	1	32			1													1																##	1
Robot System	Interaction Design	遠隔の対戦相手と一緒にできる	0	33			1																													1	##

綱引きをする

勝敗を決定する