

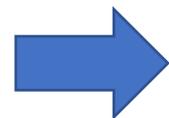
人をデジタル化する事は可能なのか？

～知能と身体の深い関係～

国立情報学研究所
情報学プリンシプル研究系
稲邑 哲也

今回の市民講座で扱う話題

- 物をデジタル化する事と，人をデジタル化する事の違いとは？
- メタバース，デジタルツイン，などの用語解説
- 人をデジタル化する技術はどこまで進んでいるのか？
- 人をデジタル化すると，映画やアニメの世界は実現するのか？
- 人をデジタル化する事と，人工知能との関係
- デジタル化された人／人工知能の限界点はどこにあるのか？

 我々の身体にその鍵がある

今回の市民講座のメニュー

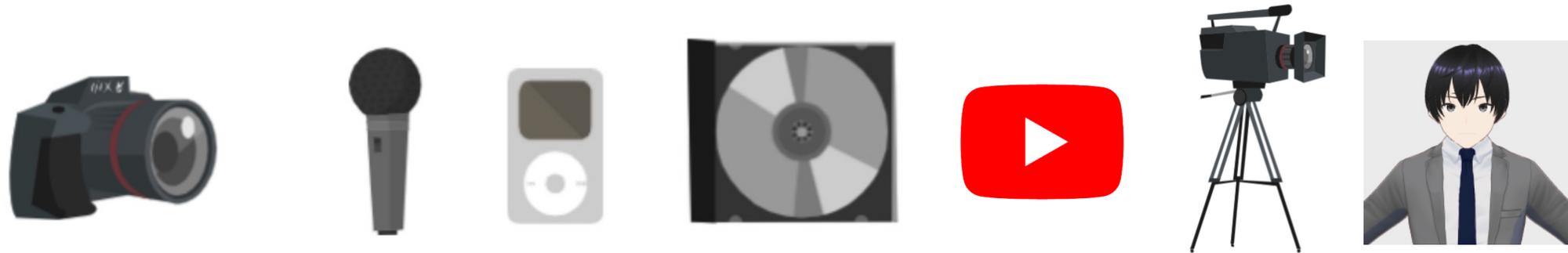
第1章 デジタル化するとはどういう事か？

第2章 人をデジタル化するとはどういう事か？

第3章 人のデジタル化の限界点とその理由

第1章 デジタル化するにはどういう事か？

- 現代の日常生活でデジタル化されていない物はほとんど無いのでは？

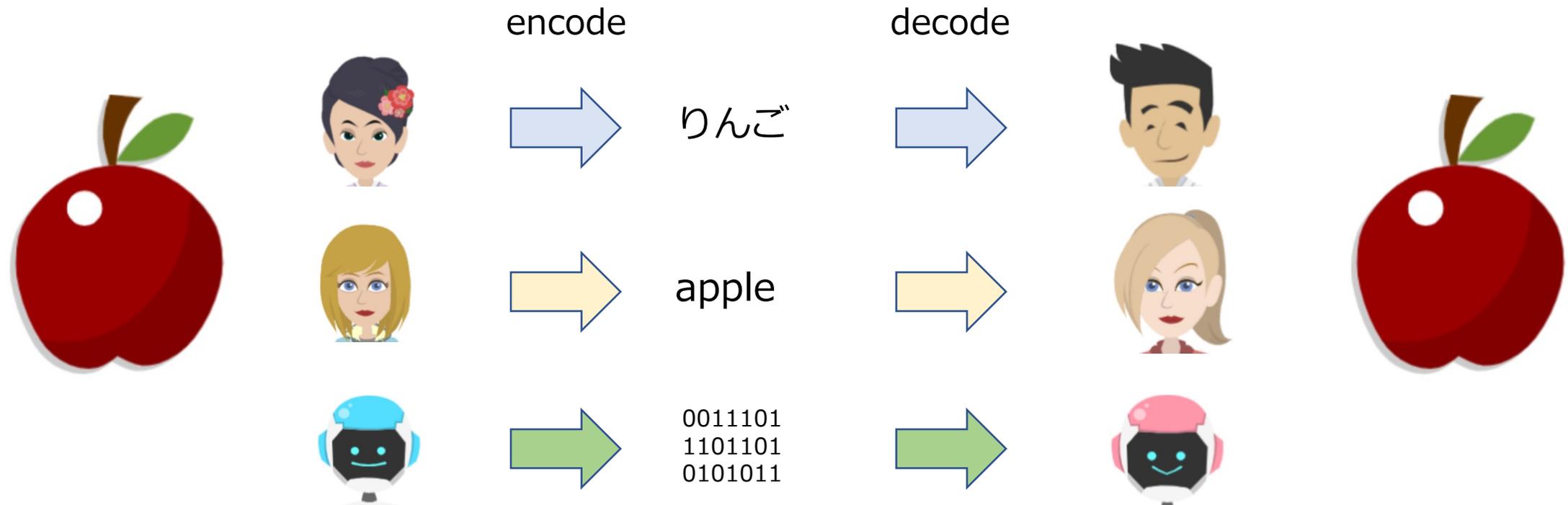


- カメラ → 写真データ
- マイク → 音声データ
- ビデオ → 動画データ
- 3Dスキャナ → 3次元形状データ
- モーションキャプチャ → 動作データ

これらはデジタル化の第1ステップと言える

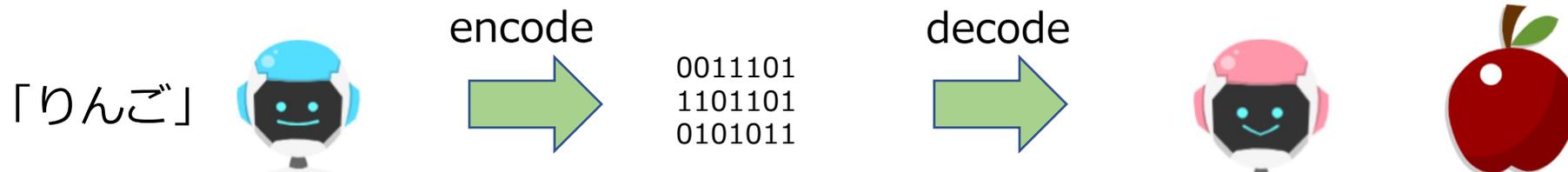
デジタル化の第1要素

- エンコード (encode) とデコード (decode)
- エンコード : 符号化する, 記号化する
- デコード : 復号化する, 解読する



デジタル化の第2要素

- エンコードした表現から将来を予測する
 - 将来のシミュレーション
- エンコードした表現から別の表現を生成する
 - 例：画像生成AI, ボカロ (Vocaloid)
- デコードする際に，物理シミュレーションやアレンジを加えて拡張させている

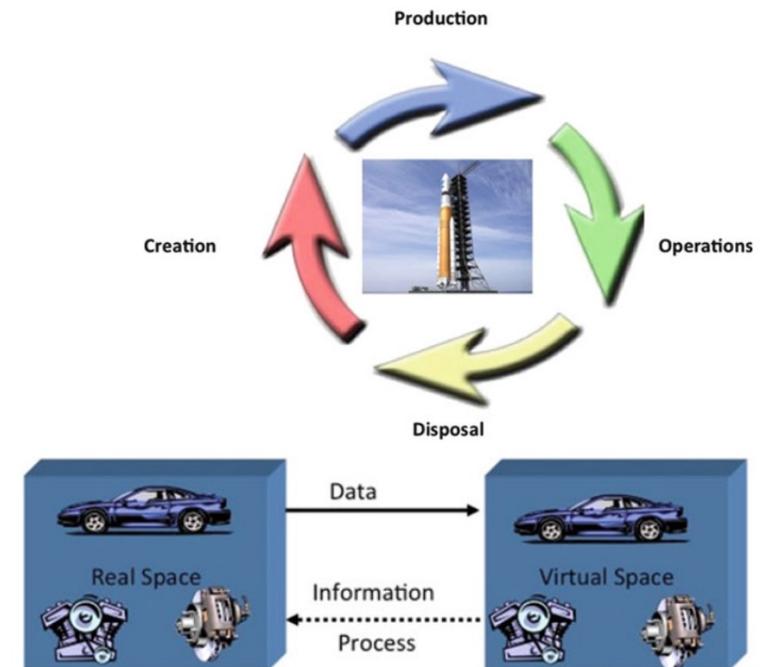


デジタル化の第3要素

- エンコード・デコードがリアルタイムなのか否か？
- 実況中継やライブストリーミングはリアルタイム
- あとから再生・視聴するのはリアルタイムではない
- ゲームなどではリアルタイム性が重要視される

デジタルツインとは？

- 大型の工業製品のメンテナンスをするために産まれた概念
 - 製品の状態をリアルタイムにデジタル化
 - シミュレーションで生じる問題を予測
 - リアルタイムで実際の製品をメンテナンス
-
- 第1～3の要素が全て入っている
 - デジタル化の対象は「物」



メタバースとは？

- 複数の人々が仮想空間上で様々な社会的活動をする場
- 以下の要素が必要
 - 同時接続可能（一人だけの空間ではない）
 - リアルタイム性（将来や過去は存在しない）
 - ユーザとアバターが一对一对応（アバターは勝手に動かない）
 - 現実空間と仮想世界を接続するインタフェース
- 特徴
 - 第1要素, 第3要素が入っている
 - 第2要素（シミュレーション）は入っていない
 - デジタル化の対象は「人」

第1章のまとめ

(デジタル化するとはどういう事か?)

- デジタル化する事を考える時, 複数の要素がある
- 第1要素: エンコード (符号化) とデコード (復号) の組み合わせ
 - エンコードする対象によって, デジタル化の深さや意味合いが変わってくる
- 第2要素: エンコードした表現を加工する
 - 「将来の予測」や「別の状態の生成」への拡張
 - 典型例: シミュレーション, 画像生成AI
- 第3要素: リアルタイム性
 - デジタル化する対象と, デジタル化された表現が同期対応しているのかどうか, で使われ方が大きく異なる

第1章のまとめ (その2)

- メタバース, デジタルツインとデジタル化との関係
- デジタルツイン
 - 将来や過去の状態をシミュレーションすることが可能
 - 将来の予測結果に基づいて, 現実世界にフィードバックが起こる
 - 現実世界の状態と仮想空間での状態は一対一対応
 - デジタル化の対象は, 基本的に「物」
- メタバース
 - 将来や過去の状態は存在せず, 常に「今」しかない
 - 複数のユーザのデジタル化された表現が一つの仮想空間に集まる
 - 現実世界での状態 (人の操作) と仮想空間での状態は一対一対応
 - デジタル化の対象は「人」

第2章 人をデジタル化するにはどういう事か？

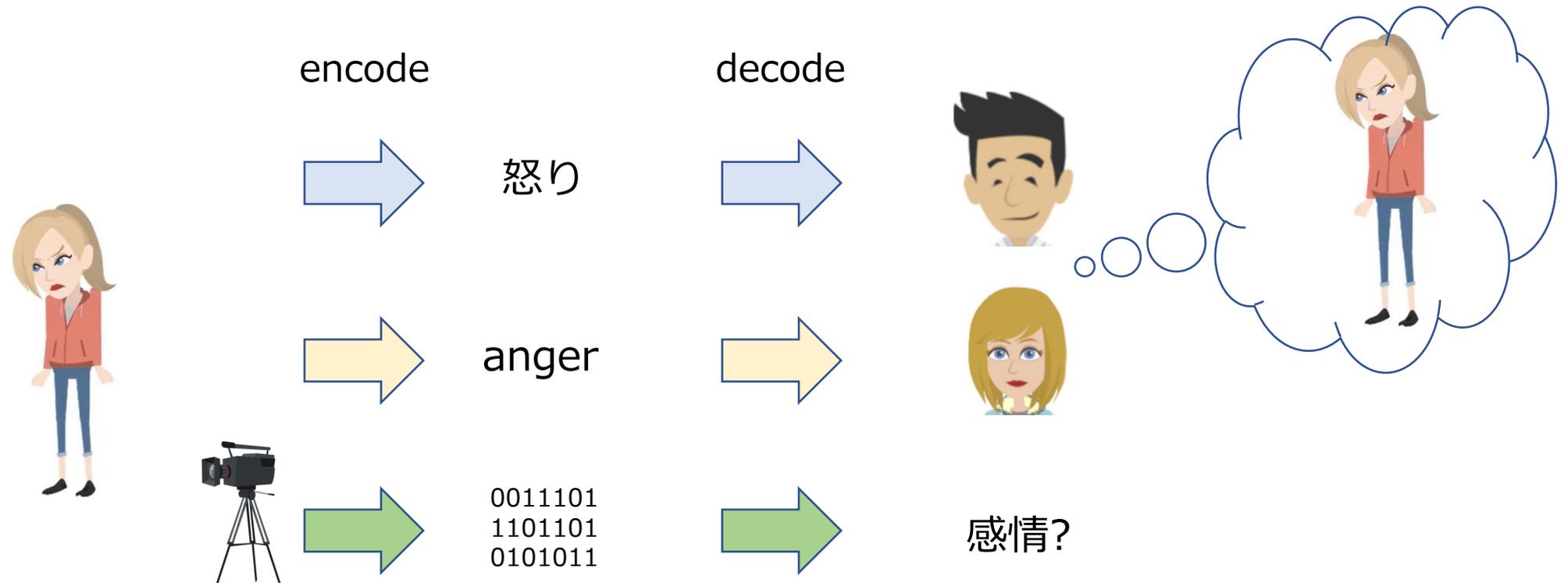
- 人のデジタル化 = デジタル化の対象を物から人へと移行させる
- その対象は？
 - 顔画像（表情）, 身体の動き, 声の質, 容姿
 - 体温, 心拍, 血圧
 - 感情, 経験, 記憶, 知能, 性格は？

人のデジタル化が進んでいる分野

- バーチャルアバター
 - 容姿, ジェスチャー, 表情など再現可能になってきている
- 人の健康状態のデジタル化 (電子カルテ)
 - 健康診断の情報や, 治療履歴などのデータ
- 体格・手足の形状などのきめ細かい表現
 - デジタルヒューマンによる衣服・靴のカスタマイズ
- リアルタイムで血圧や心拍などを測定して見守りをするシステム

デジタル化が困難な例

- 人の感情はデジタル化できるのか？
- 符号化した表現を複合する「媒体」がない
- 人は自分の身体を媒体として，感情を理解する



映画とアニメから見る人のデジタル化

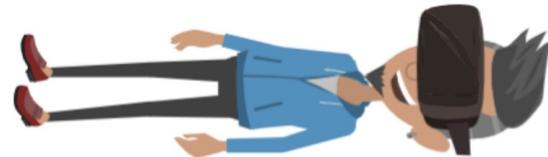
- SF映画「マトリックス」
- SFアニメ「ソードアート・オンライン」



- 個人的には「レディ・プレイヤー1」もお勧めです

SF映画／アニメにおいて人はデジタル化されているか？

- 主人公はアバターと一対一対応している
- 複数の人が同一の仮想世界で活動する
- メタバースとほぼ一致している
 - 唯一の違いは、現実では身体は動いていない
- 経験やスキルがデジタル化されているが仮想空間の中だけに閉じている
 - デジタルツインではない



SF映画／アニメにおいて人はデジタル化されているか？

- 自律行動型のアバターはデジタル化された人なのか？
 - マトリックス
 - エージェントスミス, オラクル
 - ソードアート・オンライン
 - アリス, ユージオ
- そもそも現実の身体がないので, メタバースでもデジタルツインでもない
- 単なるシミュレーション？ソフトウェア？
 - 人とは何？という根源的な問いに向かってしまう

第2章のまとめ

(人をデジタル化するにはどういう事か?)

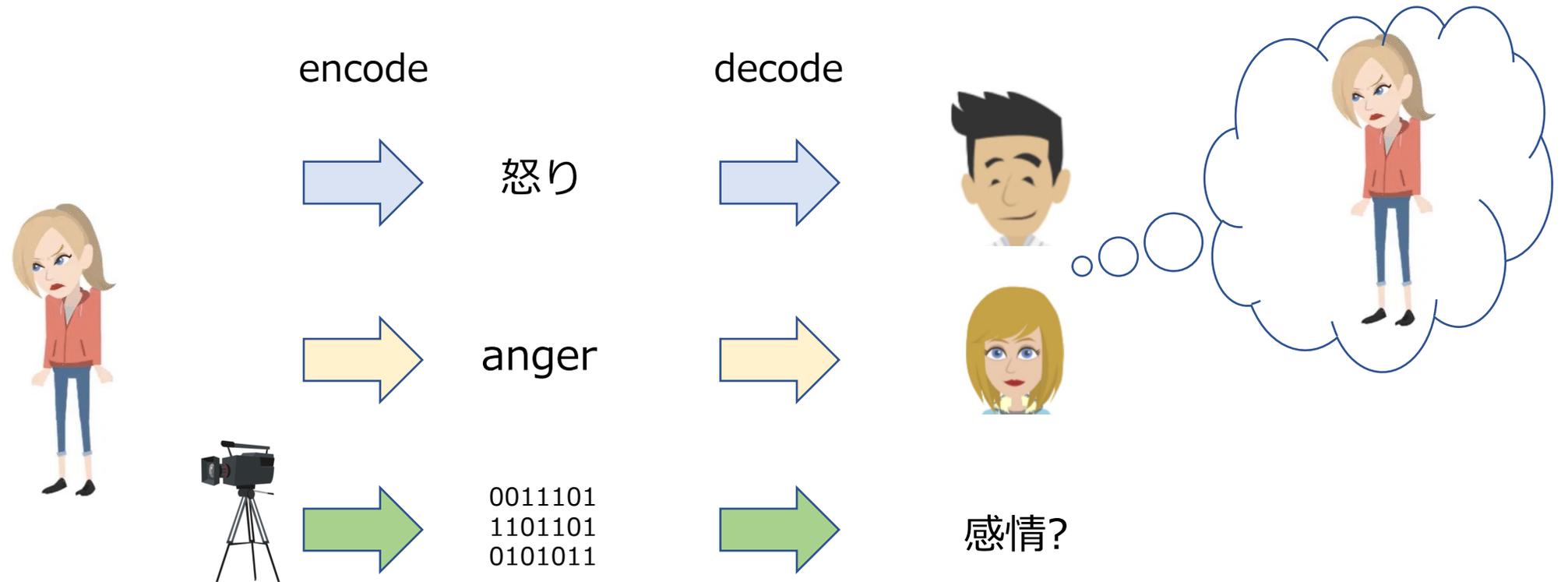
- 人をデジタル化するという言葉の定義が存在していない
- デジタル化する対象によって議論が分かれて行く
- デジタル化が比較的容易なのは、容姿、運動、表情、しぐさ、声の質など
- 人の話し方、ジェスチャー、表情などはデジタル化し、シミュレーションし、新しい振る舞いを自動生成する事が可能になりつつある
- デジタル化が困難なのは、感情、経験、記憶、知能

第2章のまとめ （その2）

- マトリックスやソードアート・オンラインの世界は、現状のメタバース、デジタルツインとは深い関係があるが、完全に一致していない
- 主人公が仮想空間にログインするのは現状のメタバースに限り無く近い
 - 現実の身体状態とアバターの身体状態が一致していない
- エージェントが仮想空間で活動するのは、シミュレーションの延長と考えられる
- 哲学的問い：感情，経験，記憶がデジタル化できればシミュレーションされるアバターは人なのか？

第3章 人のデジタル化の限界点とその理由

- デジタル化が困難な対象
 - 感情, 経験, 記憶
- 共通する問題は「復号化する媒体」 = 「身体」「脳」が必要だから



SFから現実へ

- バーチャルな「人物」を残す試み
 - バーチャルクローン
 - 亡くなった方と対話するシステム
 - 手塚治虫AI TEZUKA2020 プロジェクト
 - 人の経験・スキル・対話能力などの一部がデジタル化されている
 - 今後、デジタル化される対象は広がって行く
- しかし、個人的な経験に基づく対話をバーチャルエージェントと行うのは極めて困難
 - ある人の一生を全て記録すれば実現可能かも？

SFから現実へ

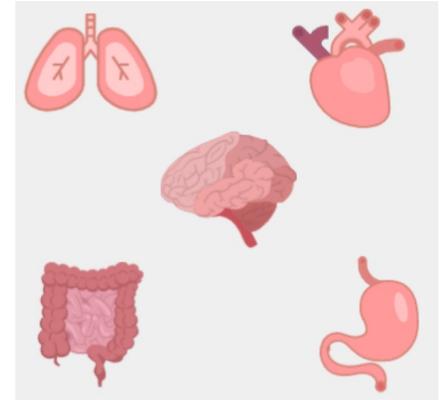
- 人の脳活動を全てシミュレーションする試み
 - 全脳アーキテクチャ
 - アメリカ：ブレイン・イニシャチブ
 - ヨーロッパ：ヒューマンブレインプロジェクト
- 人の脳活動がデジタル化できる可能性は部分的にはある

それでも、やはり難しい点

- 人のデジタル化の最終段階

- 脳を含めた身体活動すべてのデジタル化

- 血流, 血圧, 心拍, 体温, 臓器活動
 - 神経伝達物質: アドレナリン, ドーパミン, セロトニン
 - 脳活動を再現することによる, 記憶・経験のエンコード/デコード
 - 腸脳連関: 臓器と脳活動の密接な関係



- 人の感情, 経験, 判断はこれらの身体活動と密接に関わっている

- 細胞レベルの身体活動をデジタル化・シミュレーションできれば, もしかしたら可能かも? ロボットがその突破口?

第3章のまとめ

- 現状のAIは、人の知能のデジタル化には向かっていない
 - (知能の定義に依存する)
- 人の感情, 経験, 知能をデジタル化するには、物理的な身体が必要
- ロボットの存在が人の知能のデジタル化に向けた突破口になる可能性がある

全体のまとめ

- 第1章 デジタル化するとはどういう事か？
 - デジタル化とはエンコード／デコードである
 - シミュレーション, データの加工なども含まれる
- 第2章 人をデジタル化するとはどういう事か？
 - 人をデジタル化できる対象とできない対象が分かれる
 - SFの世界で描かれている人のデジタル化は部分的に実現しつつある
 - しかし, 人の感情, 経験などのデジタル化は極めて困難
- 第3章 人のデジタル化の限界点とその理由
 - 感情, 経験をデジタル化し利用するためには「身体」が必要だから
 - ロボットが人のデジタル化の鍵となる可能性がある

人の経験のデジタル化に向けた研究

人とロボットの行動経験を拡張させる仮想空間：SIGVerse



SIGVerse: A cloud-based VR platform for research on multimodal human-robot interaction.
T. Inamura & Y. Mizuchi: Frontiers in Robotics and AI, 2021.

(おまけ)

- SF映画／SFアニメと、科学技術には双方向の深い関係がある
- SFの世界感を参考にして科学技術が発展する力が生まれる
- 科学技術を参考にちて新しいSFの表現が生まれる

- SFをエンタメとして消費するのではなく、科学技術の発展の糧として楽しむ（投資する）という側面も重要

- 個人的には「攻殻機動隊」「レディ・プレイヤー1」もお勧めです