



AIで見守る宇宙 での健康生活

矢島 秀伸

(筑波大学計算科学研究センター)

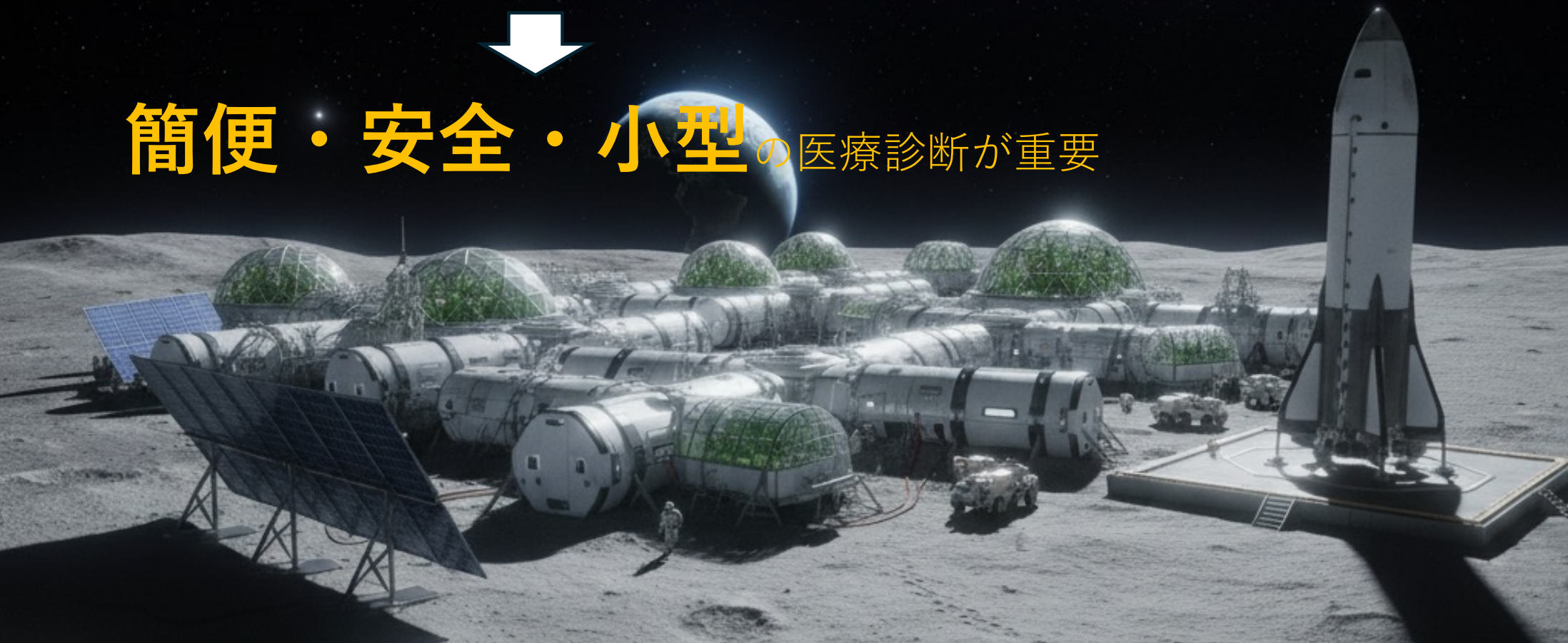


2030年代は宇宙開拓時代

宇宙での作業やスポーツに怪我はつきもの
さまざまな人が宇宙空間に長期で行くことで病気発症のリスク
癌、脳卒中などは生命に関わる



簡便・安全・小型の医療診断が重要

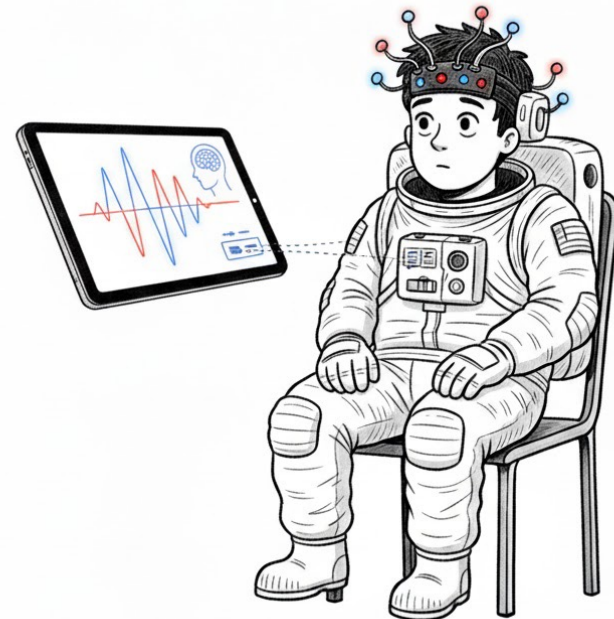
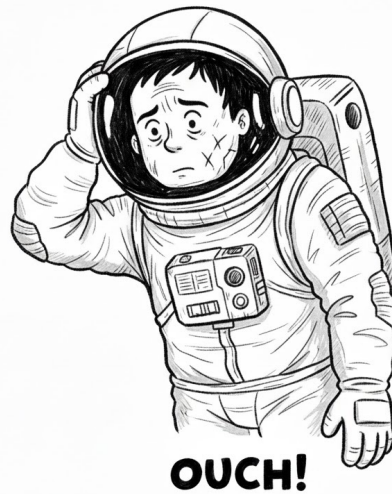


宇宙空間での健康モニタリング

X線CTやMRIは**1 - 5**トン、宇宙空間への輸送は困難

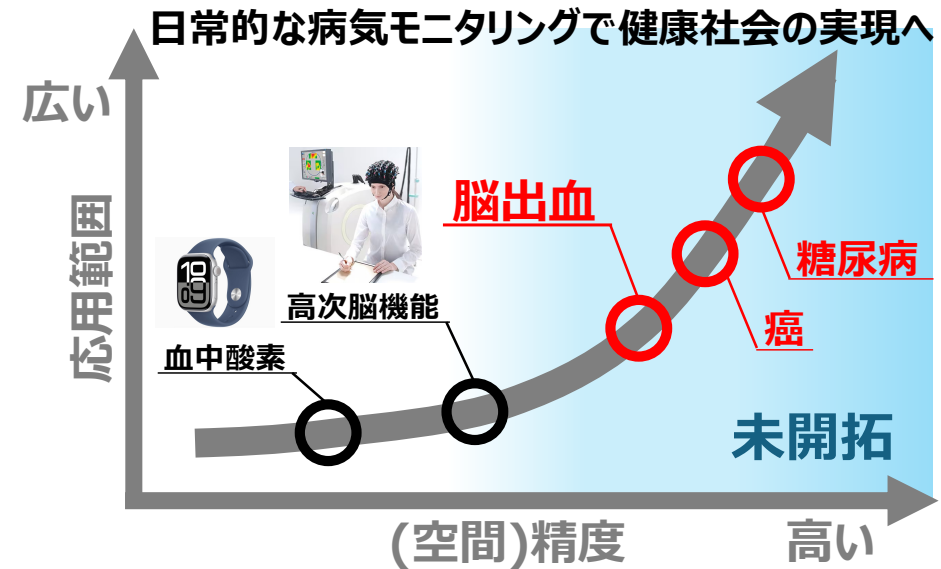


簡易な装置によるAI診断が理想



近赤外線による医療診断

波長700-1100nmの**散乱光**を用いた医療診断。
ヘモグロビン、酸素飽和度、水に敏感。非侵襲かつ被曝がなく、小型装置が可能。



課題: 体内の光の散乱現象をモデル化することが困難

光輸送方程式

$$\frac{1}{c(\mathbf{r})} \frac{\partial I(t, \mathbf{r}, \mathbf{n})}{\partial t} + \mathbf{n} \cdot \nabla I =$$

$$-(\mu_a(\mathbf{r}) + \mu_s(\mathbf{r})) I(t, \mathbf{r}, \mathbf{n}) + \mu_s(\mathbf{r}) \int d\Omega' I(t, \mathbf{r}, \mathbf{n}') p(\mathbf{r}, \mathbf{n}, \mathbf{n}') + I_S(t, \mathbf{r}, \mathbf{n})$$

- * 複雑なアルゴリズム
- * 膨大な計算量
- * 適切な公開コードが無い

世界初の医学用 3 次元 大規模並列輻射輸送計算コード

TRINITY (Time-dependent Radiative transfer In Near-Infrared TomographY)
Yajima, Abe, Umemura, Takamizu, Hoshi, 2022, JQSRT, 277, 107948

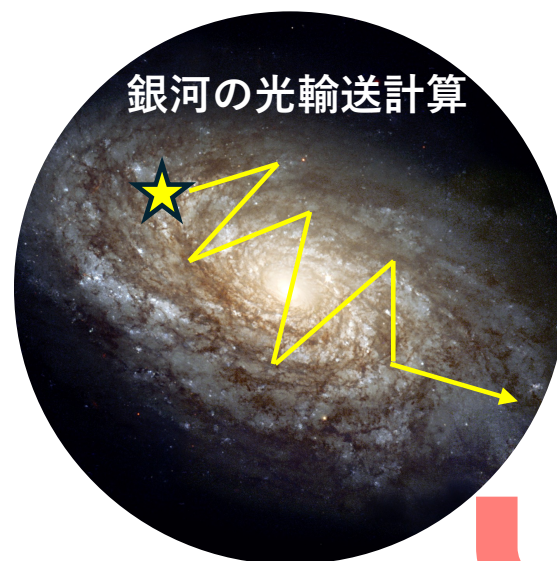
①宇宙物理で開発した オリジナルスキーム

Yajima+(2009, MNRAS)

Yajima +(2011, MNRAS)

Yajima +(2012, ApJ)

Yajima +(2015, ApJ)



銀河の光輸送計算

②領域分割によるMPI並列

③スパコンによる大規模並列計算

技術活用

近赤外線イメージング



散乱透視技術

スパコンによる
光輸送計算技術

Yajima et al. (2022)

AI技術

Takamizu, Umemura, Yajima et al. (2022)



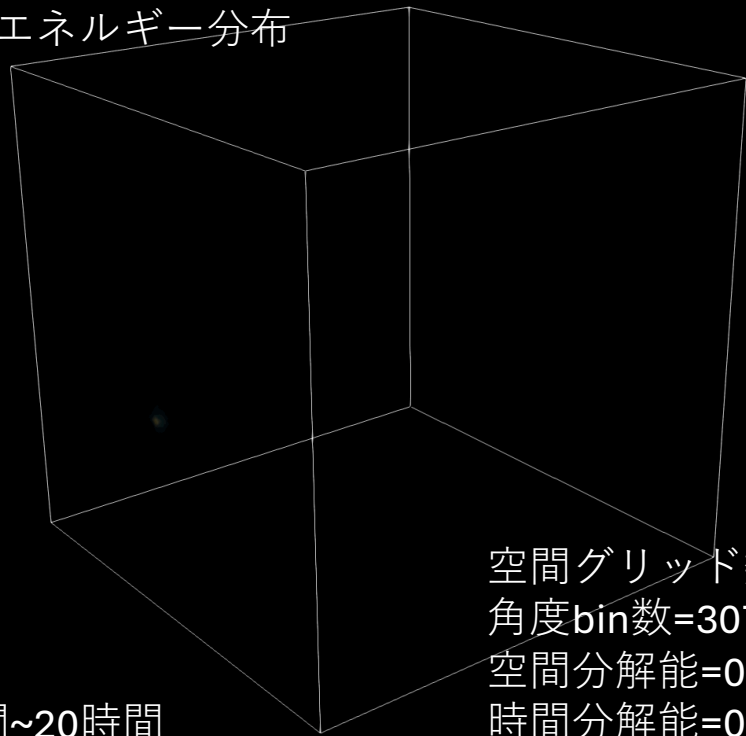
光の散乱過程をモデル化し、
AIで逆問題解析を行うことで
透視する

生体模擬物質を用いた比較実験

ポリウレタン製ファントムへの光パルス照射
星教授（浜松医科大）より提供

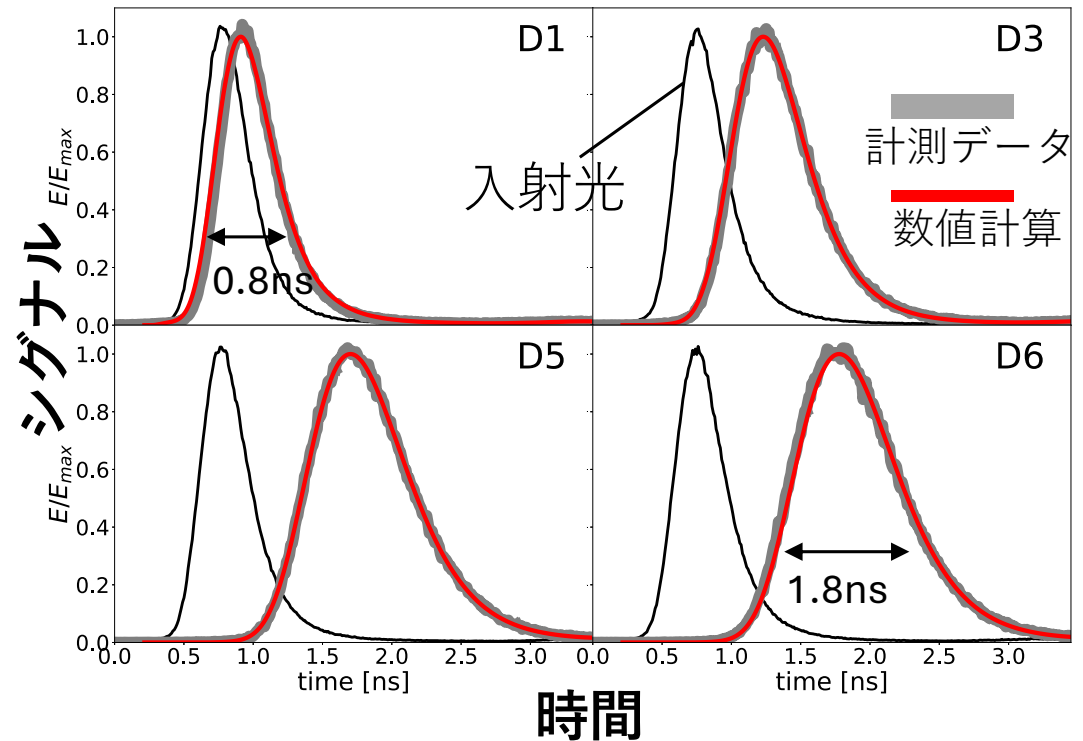
数値シミュレーション結果

光子エネルギー分布



計算時間~20時間

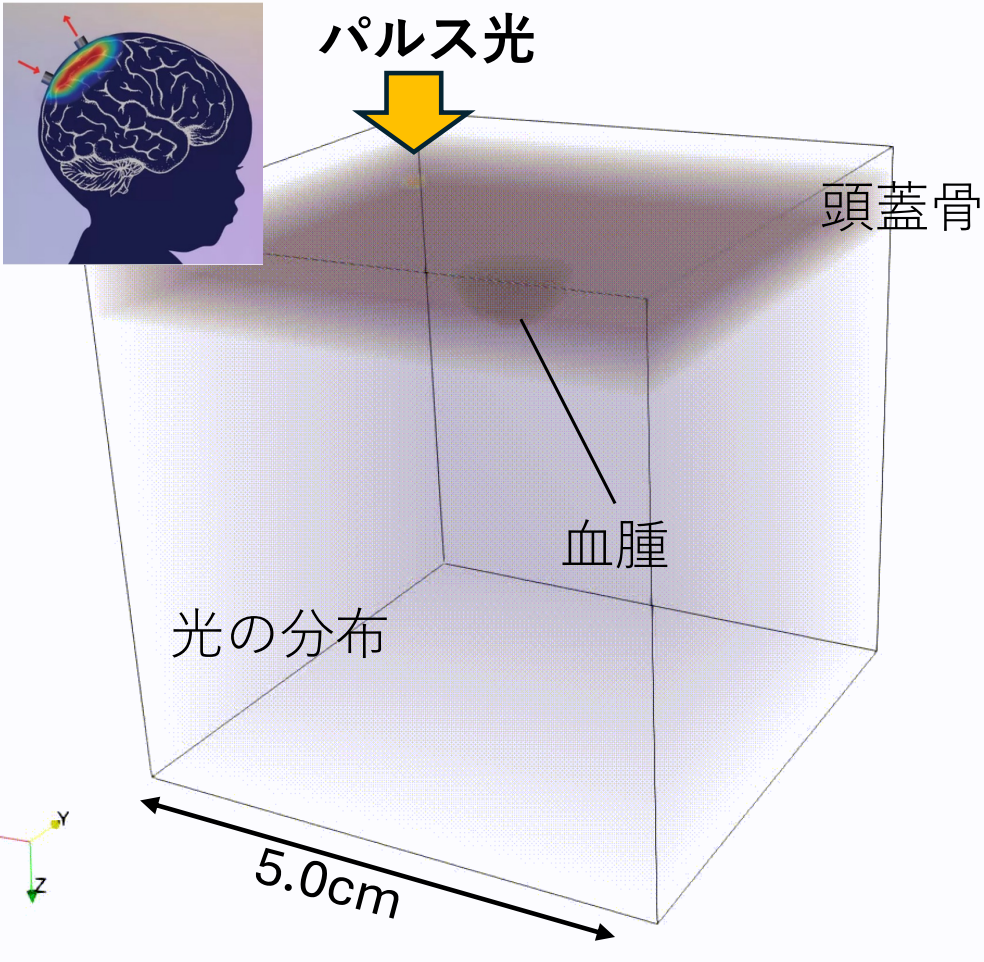
空間グリッド数=101³
角度bin数=3072
空間分解能=0.04 cm
時間分解能=0.4 ピコ秒



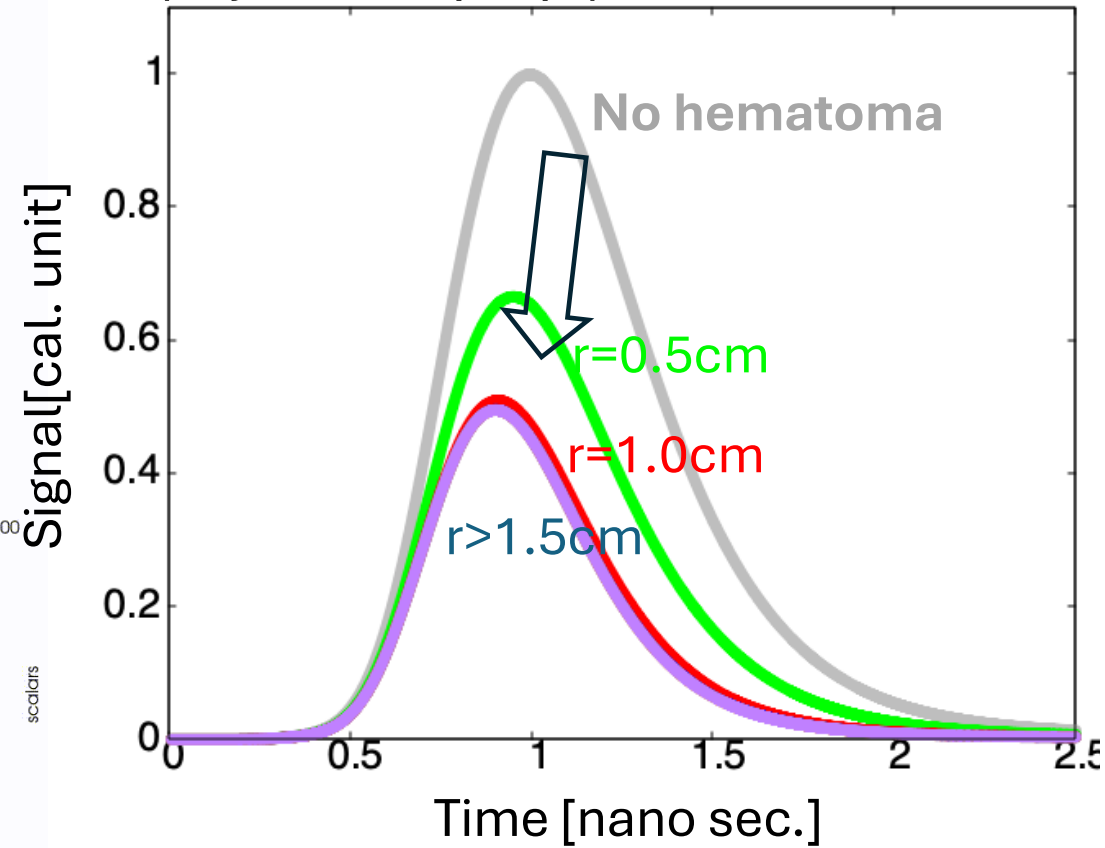
実験結果を見事に再現!

頭部内の光伝播の様子

<https://www.bbc.com/news/health-45522794>



(Yajima+ in prep.)



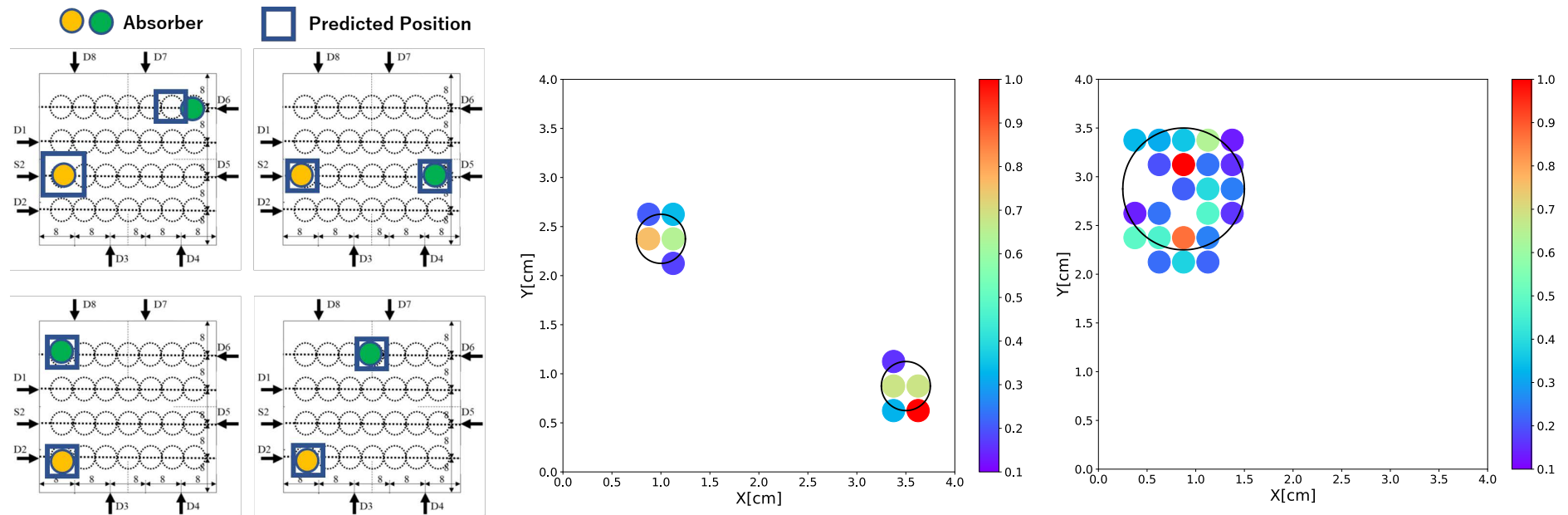
1cm以下のサイズの水腫でも近赤外線検出可能

機械学習を用いた診断システム

Takamizu, Umemura, **Yajima**, Abe, Hoshi (2022, Appl. Sci. 12(24), 12511)

Yajima, et al. (to be submitted)

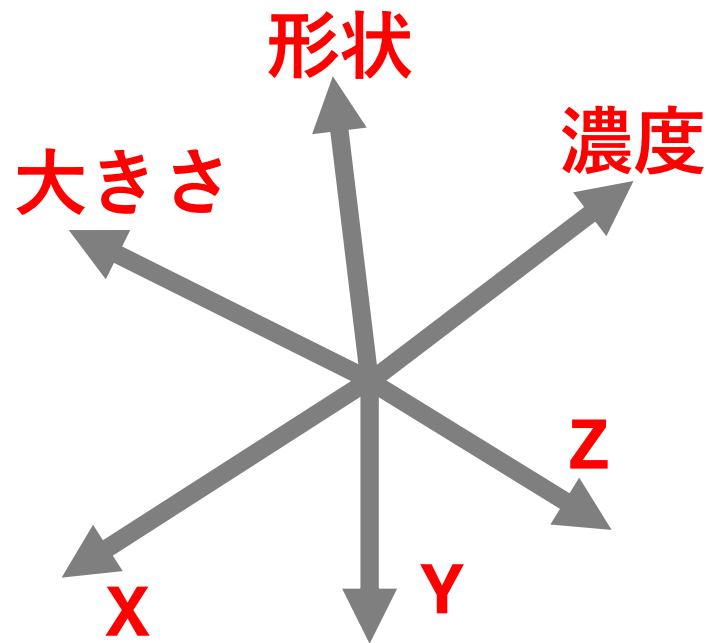
輻射輸送シミュレーション結果を教師データにして機械学習を行った



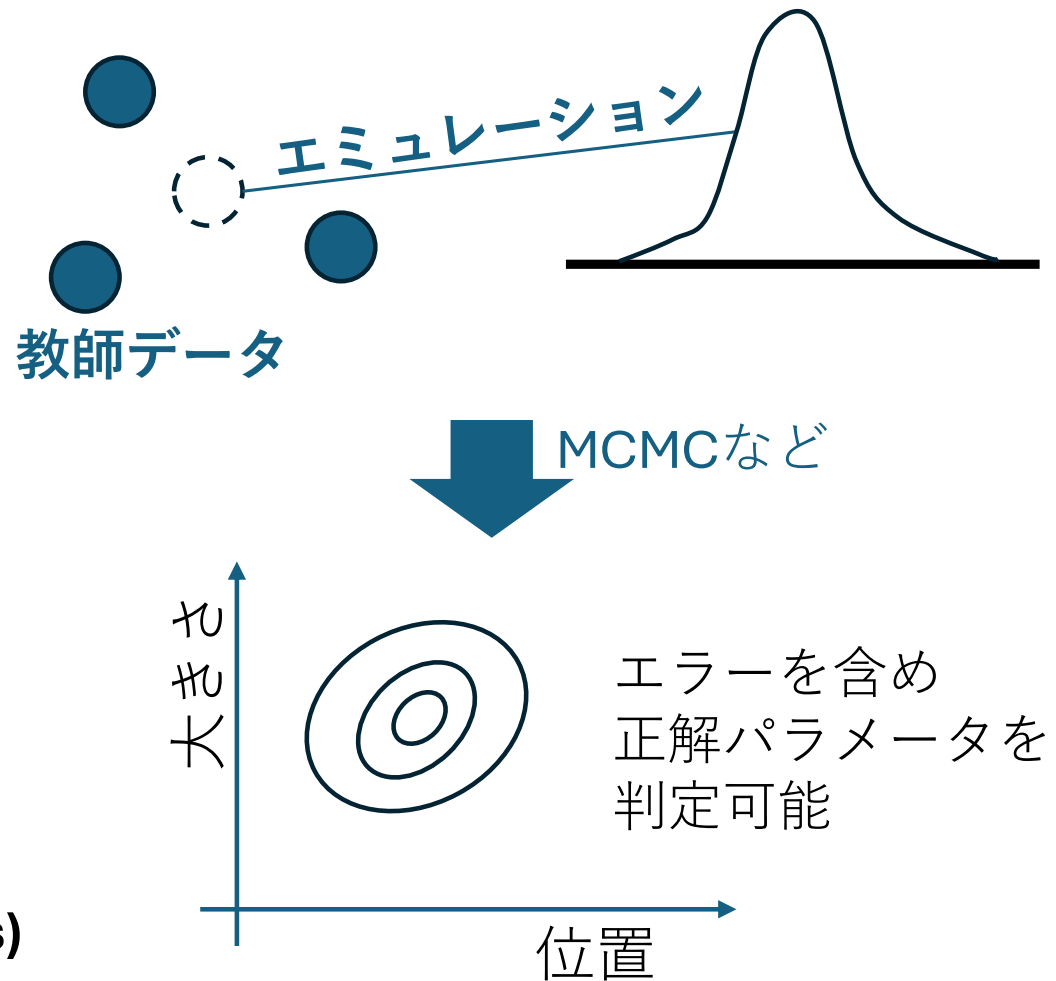
90%以上の精度で異常部位の判定に成功

散乱光AIサロゲートの開発

(Horie, Yajima+submitted to Scientific Reports)

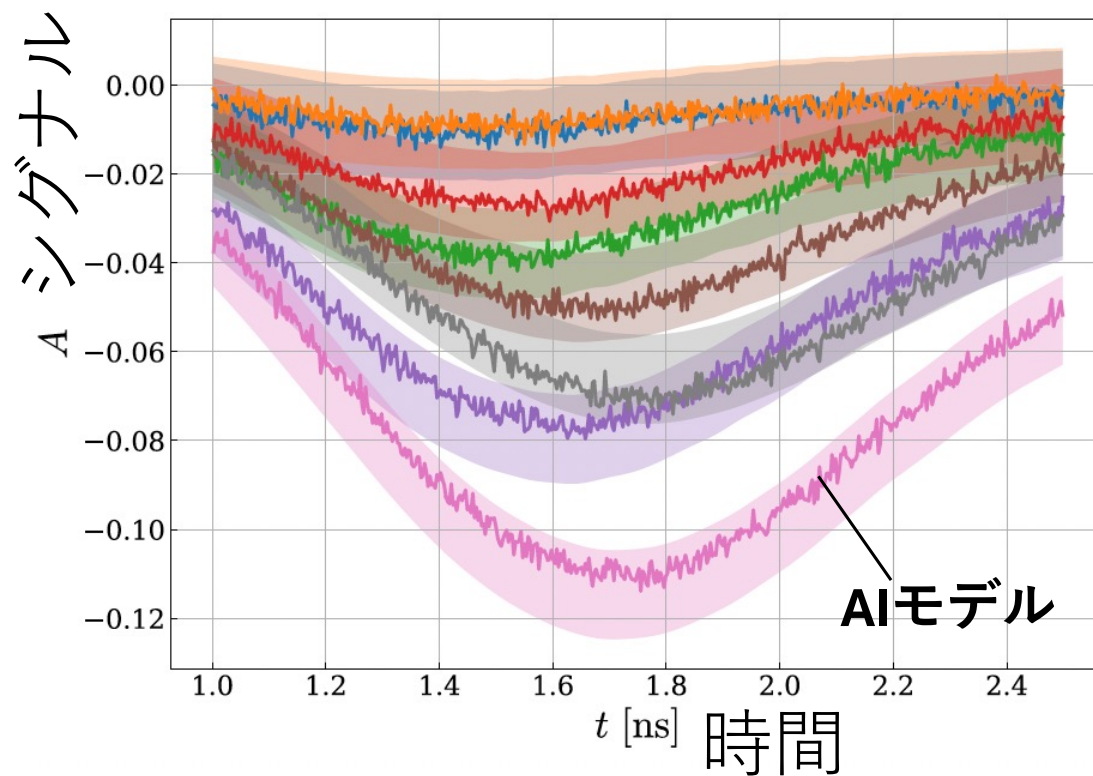
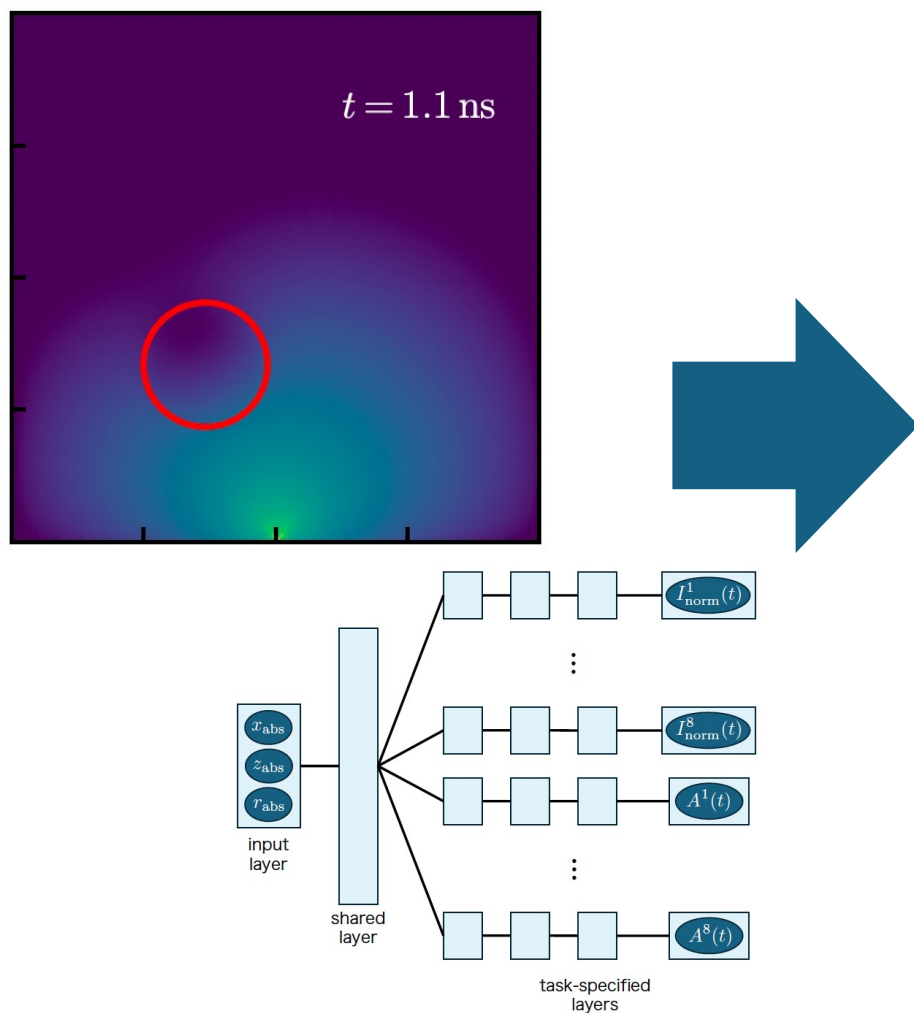


パラメータ空間が広くすべてを
シミュレーションするのは不可能
(1 run => ~ 1 day with 128 CPU cores)



散乱光AIサロゲートの開発

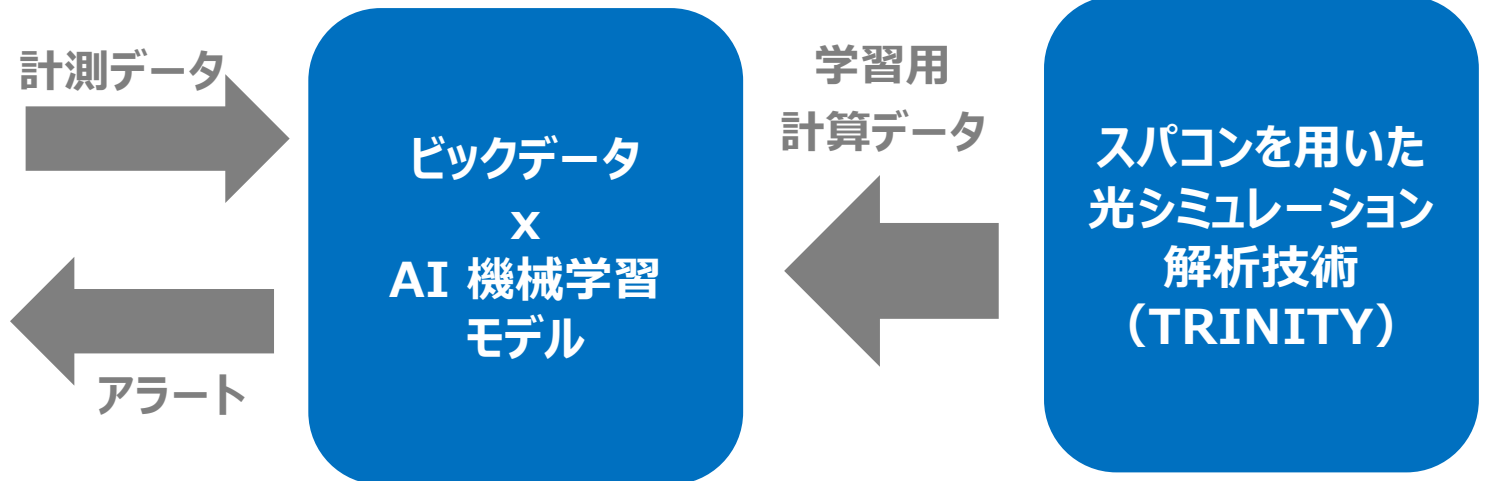
(Horie, Yajima+submitted)



与えていないパラメータの波形
シグナルも見事に再現！

まとめ

スパコンを使った光輸送計算 X AIで新しい病気診断システムの研究を行っています！



アーカイブティップス（株）HPより
<https://archivetips.com/artinis/nirs-knowhow>

宇宙で健康で快適な生活を！