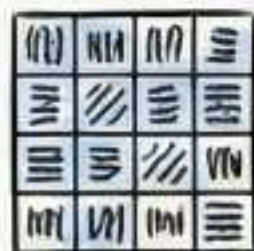


# 量子ゆらぎ融合ハプティクス：疑似×量子のハイブリッドが生む「本物の触感」

従来の3Dモデルの触覚提示は、データ量が膨大になるか、あるいは計算による再現(疑似乱数)では単調で人工的になりすぎるという課題がありました。本技術は、規則的な「疑似乱数」と予測不可能な「量子乱数」を動的に合成することで、物理デバイスや脳への直接刺激において、自然でリアルな手触りを再現します。

## ハイブリッド合成



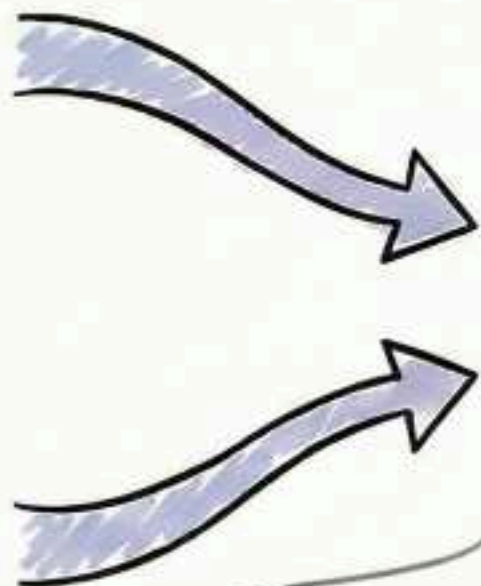
疑似乱数  
(構造)

構造を作る「疑似乱数」。  
基礎的な凹凸・素材の模様。



量子乱数  
(揺らぎ)

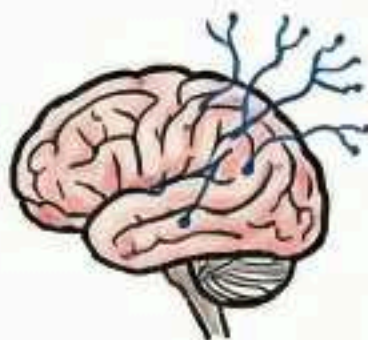
自然な微細振動を生む「量子乱数」。  
非決定的な「自然な揺らぎ」。



最終出力  
 $H(x, y, t)$   
 $= \alpha(t)P + \beta(t)Q$



物理刺激  
(触覚グローブ等)



神経刺激  
(脳へ直接信号)

多彩な出力先  
(ニューロ/ボディ)



動作に応じた動的な重み付け



触れる速度が遅い時は  
「構造」を強調

構造  
( $\alpha$ )

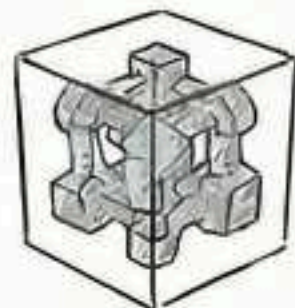
揺らぎ  
( $\beta$ )



速い時は「揺らぎ」を強調し、  
リアルタイムで変化させます。



## この技術がもたらす革新



数式モデル



計算負荷の大幅な削減

膨大な3D形状データを使わず、数式計算のみで高精細な質感を再現可能。



VRゲーム



遠隔手術



義肢の感覚再現



リハビリテーション

幅広い産業への応用

VRゲームから遠隔手術、義肢の感覚再現、リハビリテーションまで多岐にわたります。

# 量子ゆらぎ融合：ブレイン・ハプティクスの進化

従来の触覚提示は、規則的すぎて人工的な「疑似乱数」か、不規則すぎて素材感が損なわれる「量子乱数」のどちらかに偏っていました。本技術は両者を融合し、ユーザーの動きに合わせて動的に合成比率を変えることで、脳へ直接届ける触覚信号をより「自然でリアルなもの」へと進化させます。

融合のメカニズム：  
リアルな触感を生む数式

$$H = \alpha P + \beta Q$$



リアルな触感信号

疑似乱数 (構造)  
・滑らかな素材パターン

★ 非決定的な  
触覚体験



★ 量子乱数 (揺らぎ)  
・予測不能な自然界のノイズ

動的な重み付け関数  
 $\alpha(t) / \beta(t)$

操作が  
速い時

揺らぎ

強調

操作が  
遅い時

構造

強調

リアルな  
質感を維持



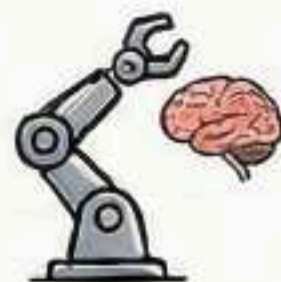
## BMI・ニューロハプティクスへの波及効果



脳への直接刺激 (ニューロ・ハプティクス)  
物理デバイスを介さず、神経経路や脳部位へ直接、電気・超音波刺激として提示。

★ 非決定的な触覚体験

量子現象を利用、同じ場所でも常に新鮮で自然な感覚。



義肢の感覚再現とリハビリ

義手や義足を通じ、本物の手足のような自然な接触感を脳にフィードバックします。



没入型ニューロVR体験

視覚だけでなく、脳が直接感じる「素材の感触」により、仮想空間の臨場感を極限まで高めます。