

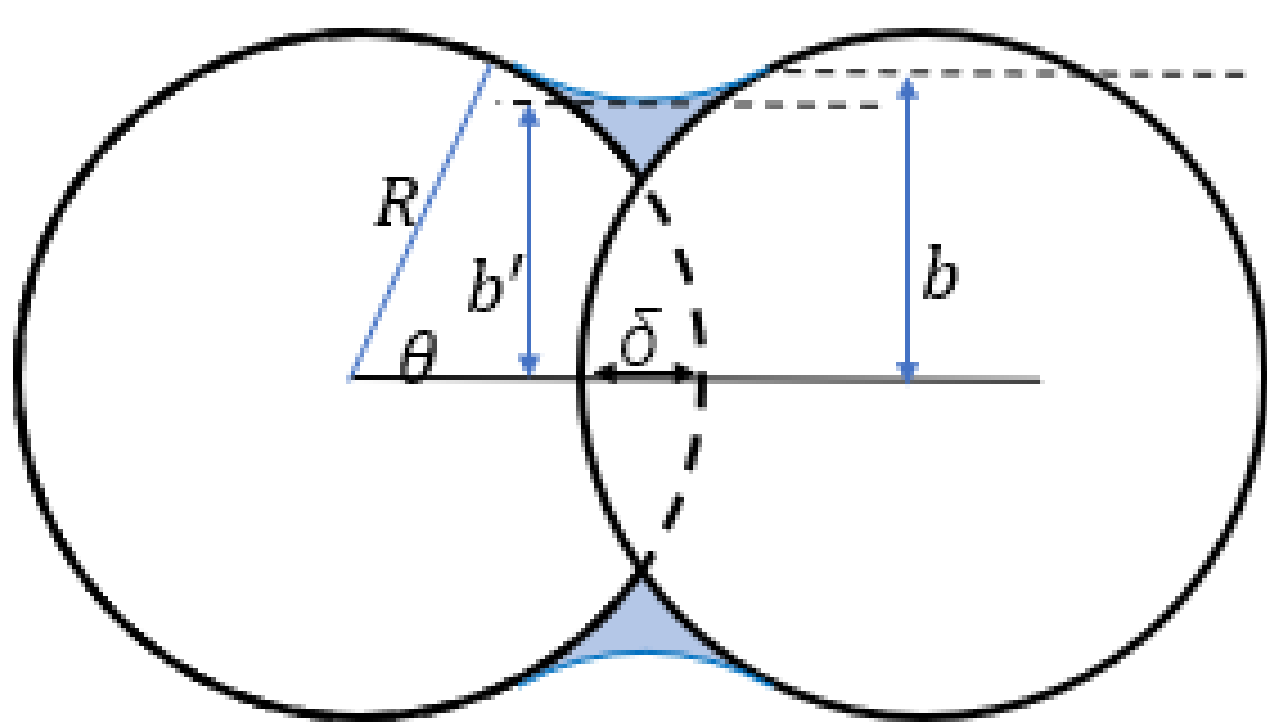
### Research purpose 研究目的

Road cave-in or sinkhole event is often triggered by growth of subsurface cavities. However, it is not easy to detect a subsurface cavity and estimate their locations accurately in ground. Our previous experiments revealed that elastic wave velocities are reduced when propagating in the vicinity of a cavity. In this study, discrete element method (DEM) simulations have been performed to understand how compression (P-) waves propagate around a subsurface cavity.

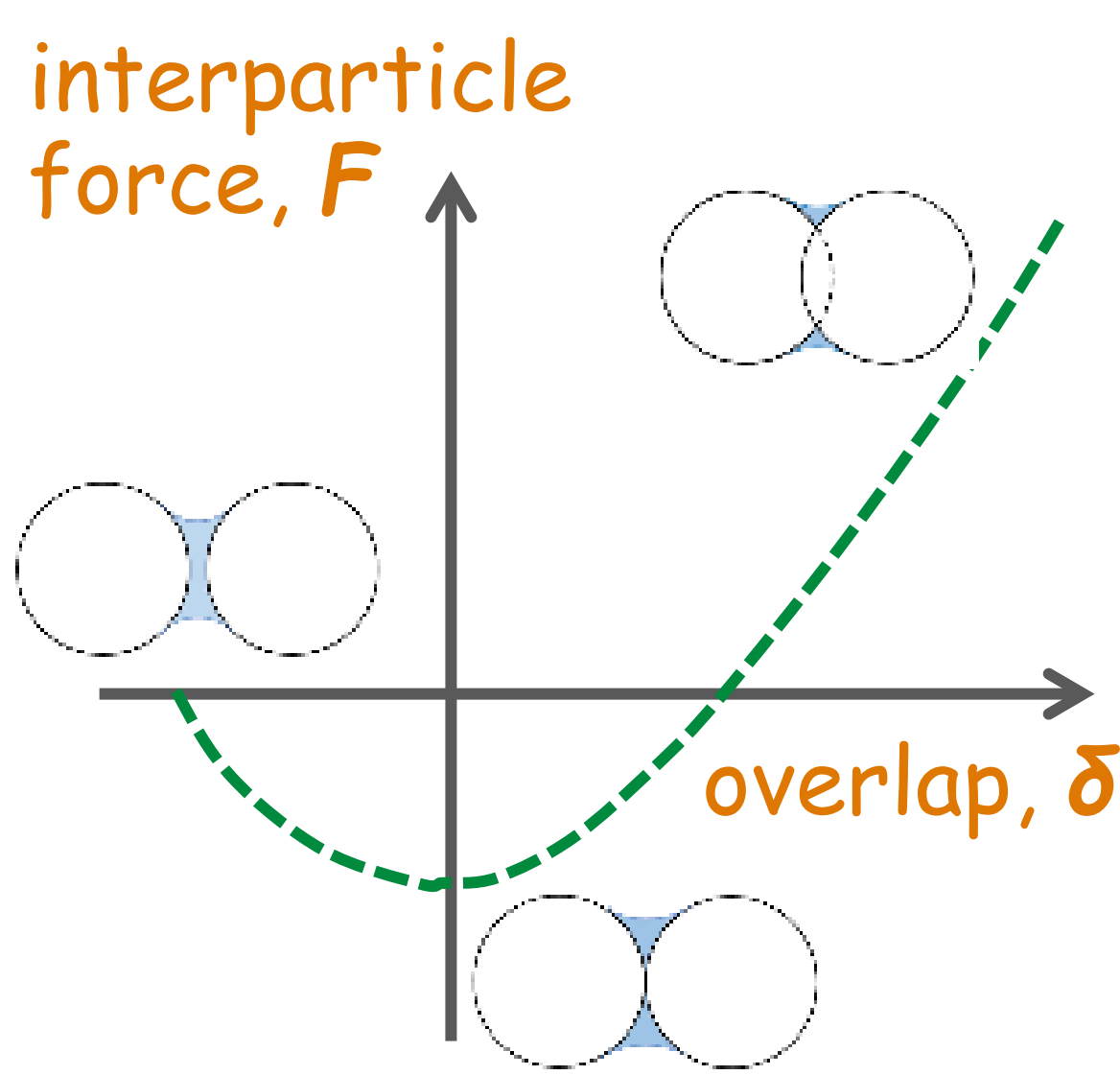
地盤陥没現象は地中空洞が成長することで発生すると知られていますが、地中空洞の存在やその位置を検知することは容易ではありません。当研究室で過去に実施した模型試験では空洞近傍を伝播する弾性波の伝播速度が低減することを確認しましたが、実際の波動伝播の様子を可視化することは困難です。本研究では個別要素法 (DEM) 数値解析を実施することで、地中空洞周りの圧縮波 (P波) の伝播特性の解明を目指しています。

### Capillary force model

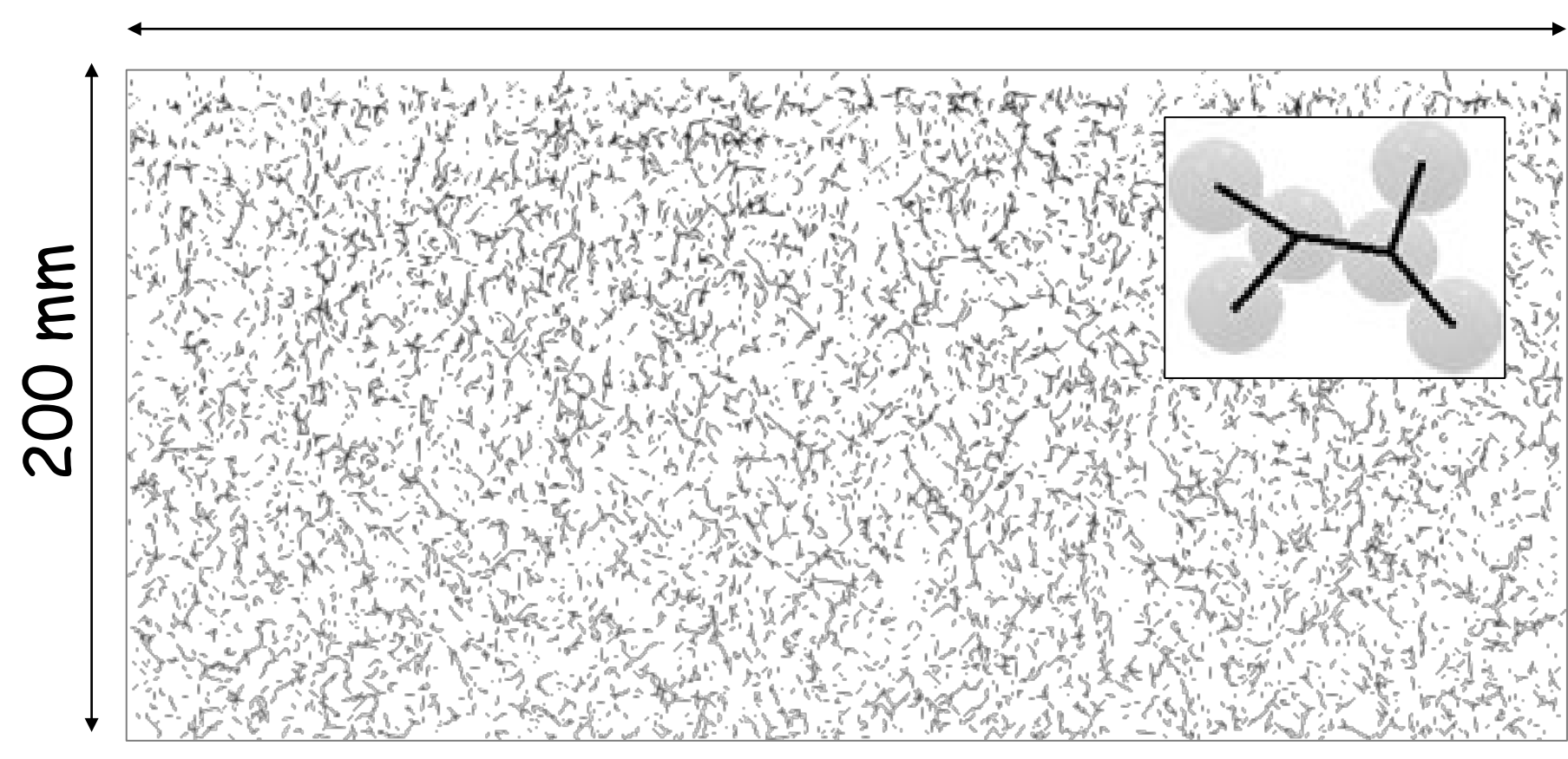
毛管力モデルによる粒子間付着力を考慮



400 mm

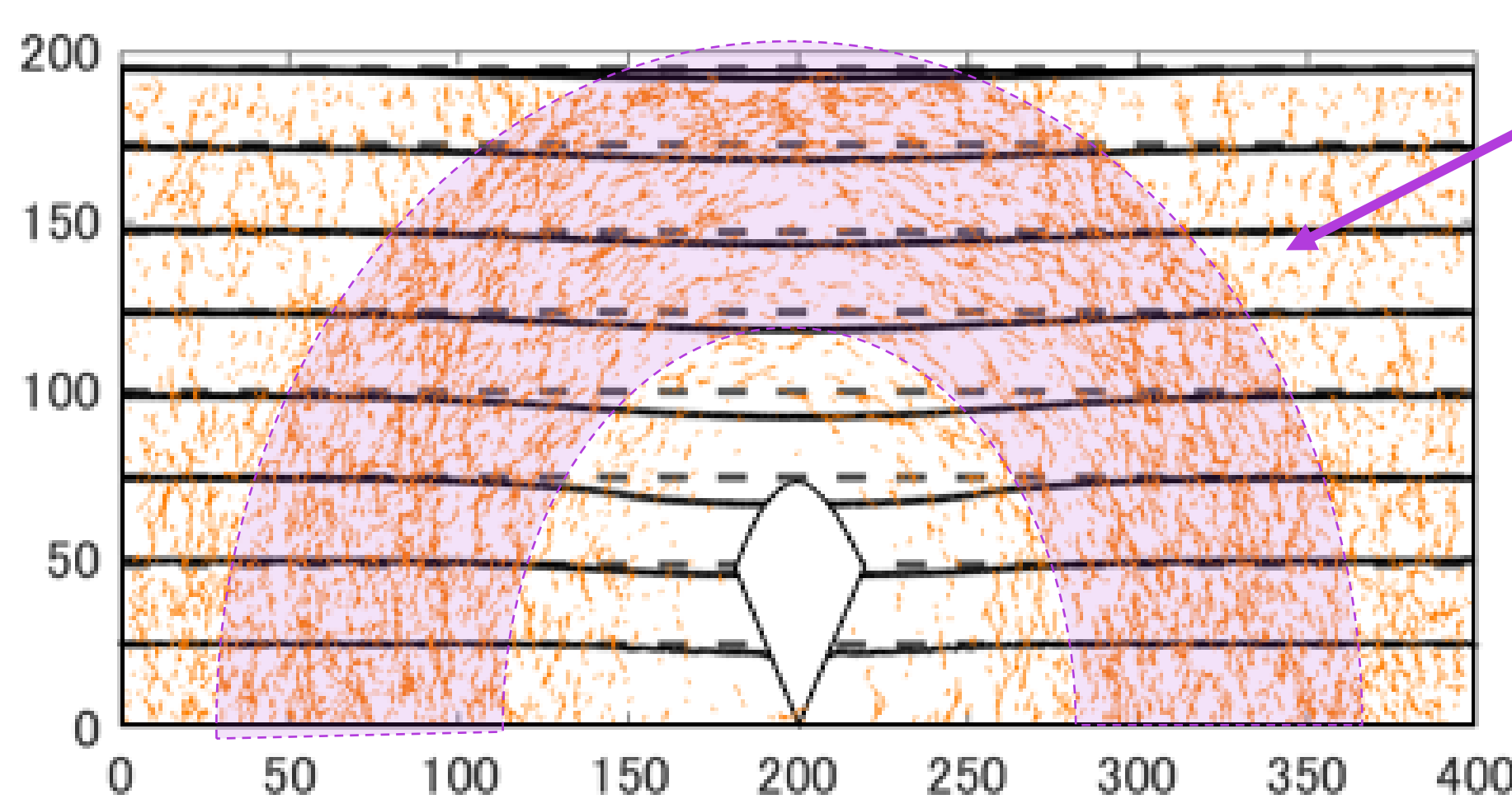


$$F = \text{capillary force} + \text{Hertzian contact force}$$



Force chains before creating a cavity

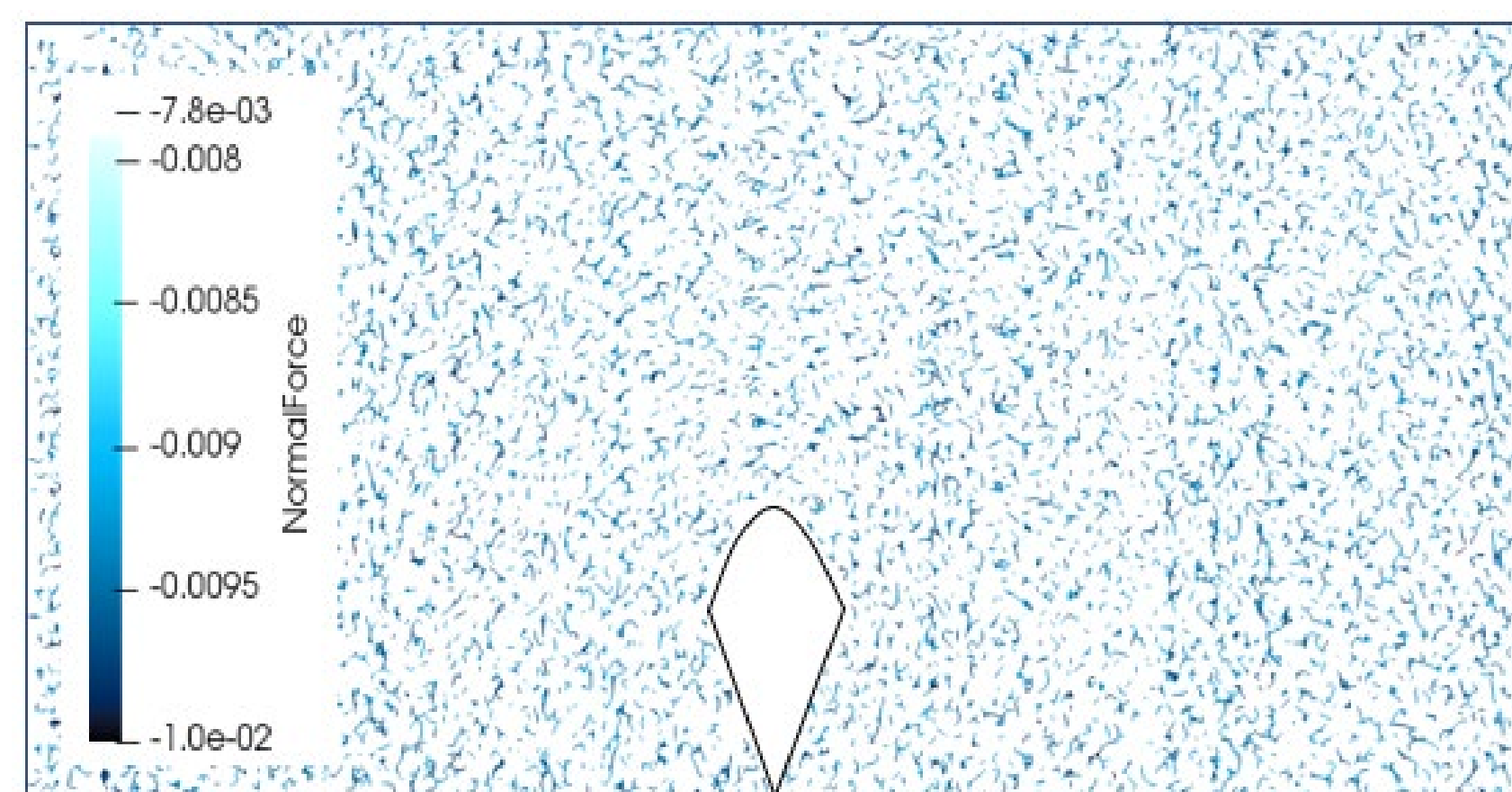
粒子間接触力網 (空洞生成前)



Soil arching

Force chains after creating a cavity

粒子間接触力網 (空洞生成後)



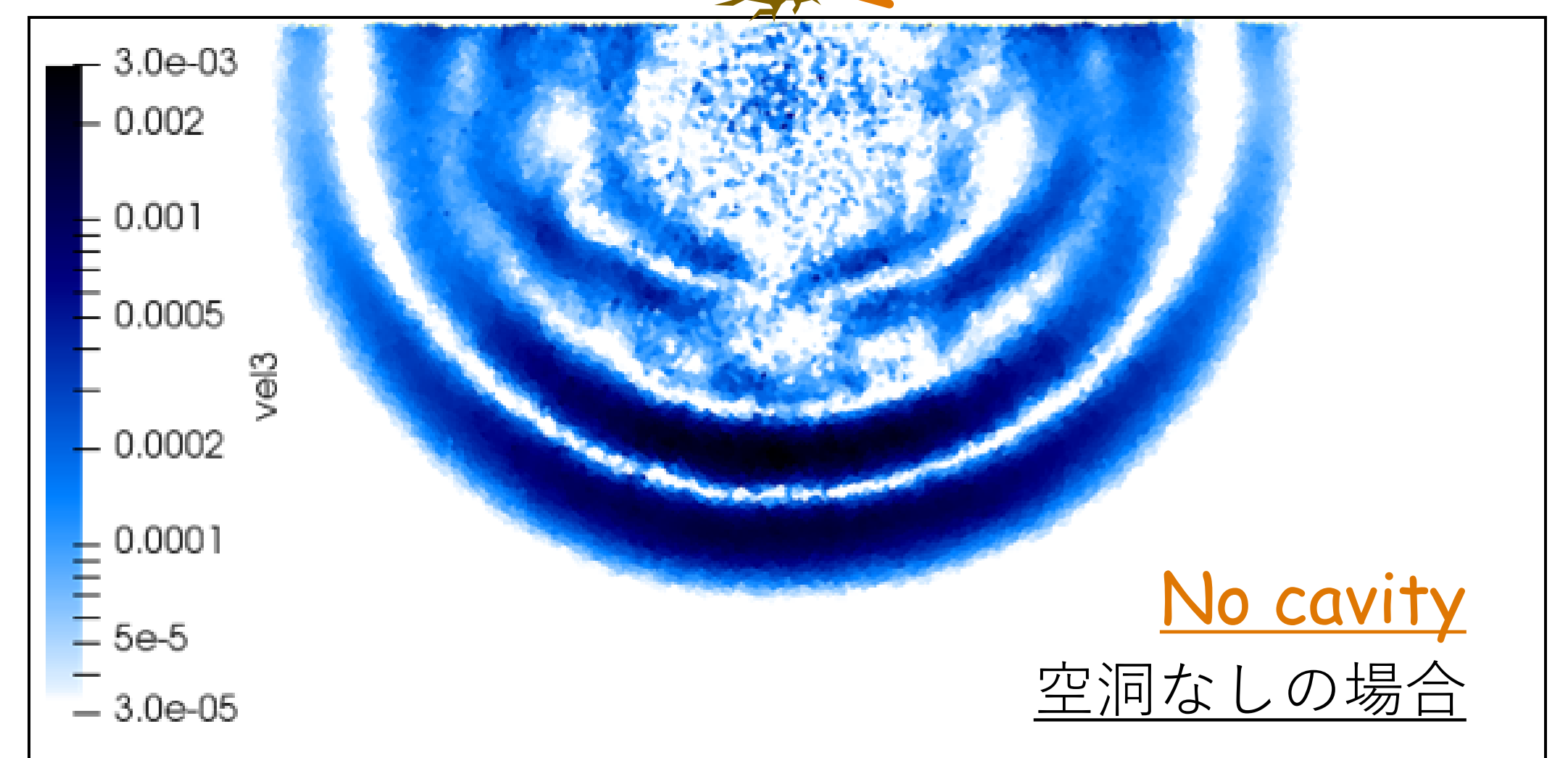
Distribution of capillary forces after creating a cavity

毛管力による粒子間付着力分布 (空洞生成後)

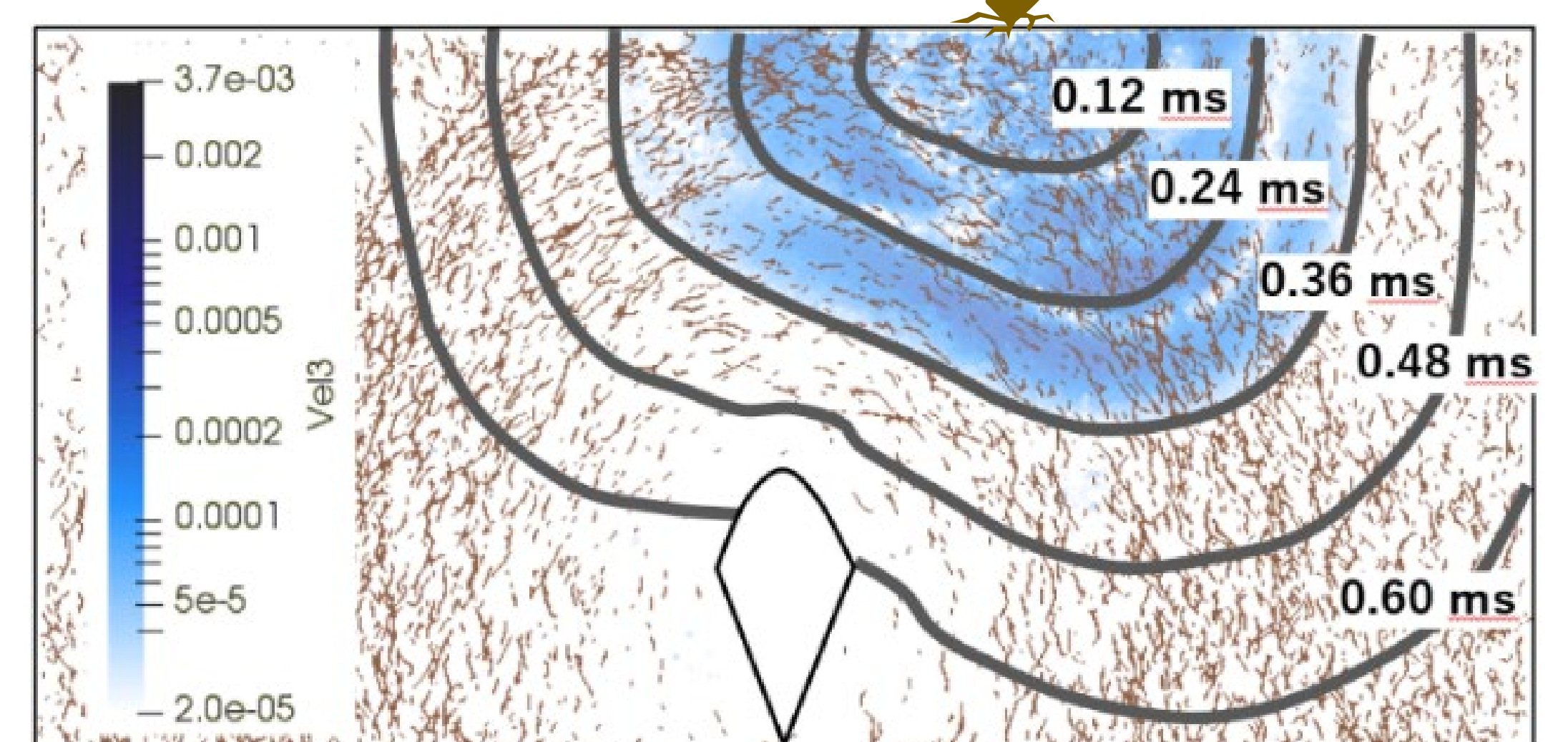
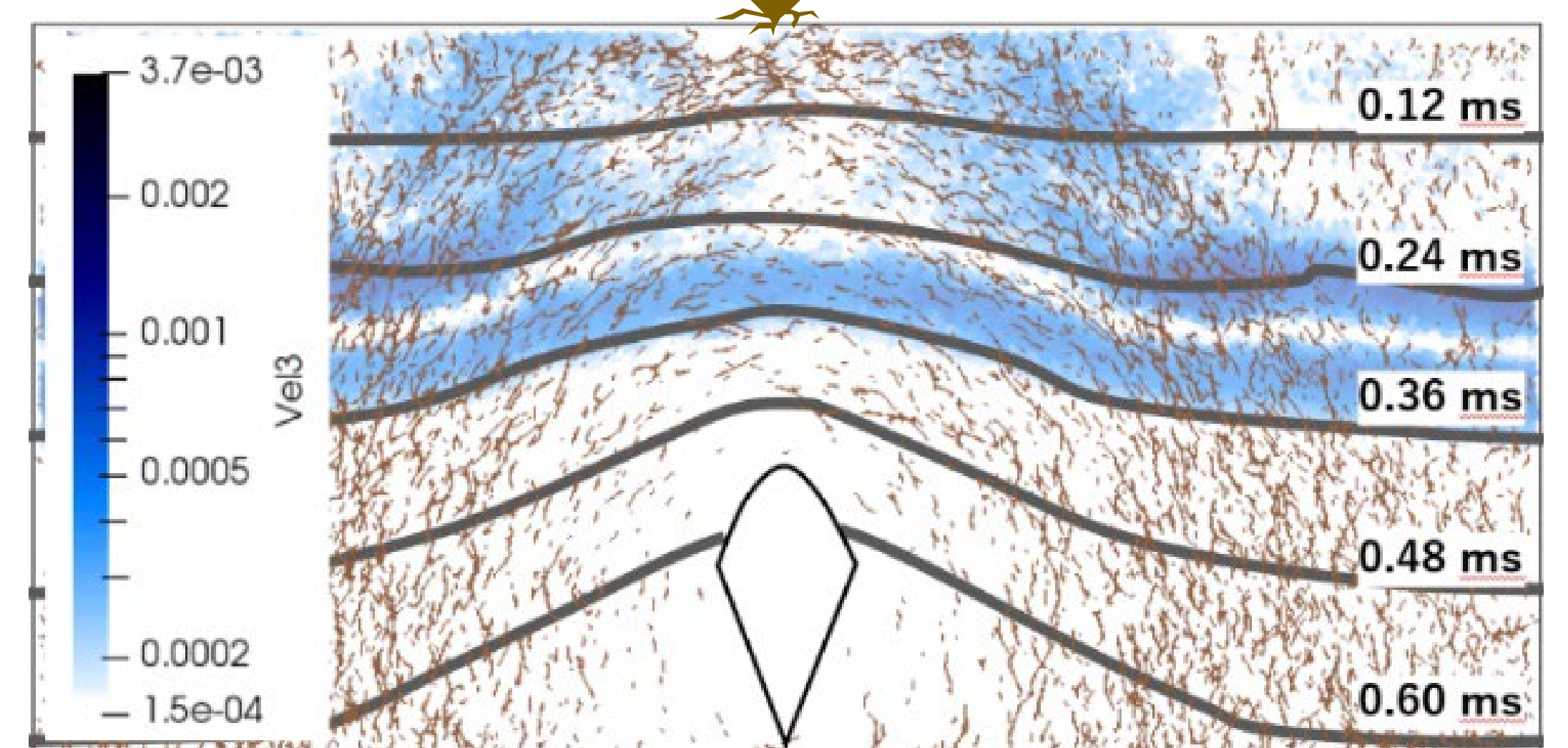
### P-wave propagation

P波伝播性状

Downward excitation  
下向きに加振



No cavity  
空洞なしの場合



- P-waves propagate along an arch around a cavity.
- 空洞周りのアーチに沿って伝播することを確認した。

