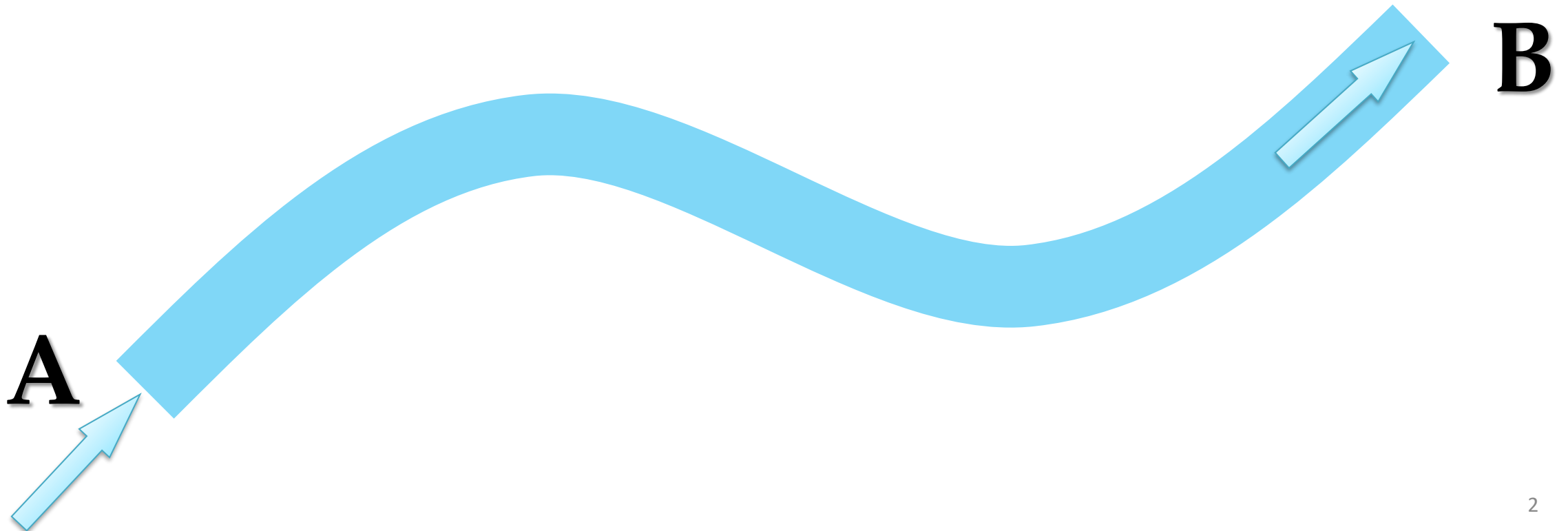


# POF sensors

for  
multi-purpose monitoring  
in civil engineering projects

# POFを用いたセンサーによるモニタリング

- プラスチック製光ファイバー(Plastic Optic Fiber, 略称POF)の一端(A)から入った光は, 他端(B)に届きます. 従って, A付近で起こっている何らかの事象によって影響を受けた光は, そのメッセージを Bに届けることができます. Bに届いた光を分析することで, 「A付近で何が起きているのか?」を判別できることになり, このことによってPOFを用いた多様なセンシングが可能になります.



# Single

- 任意の光源(照明器具, 自然光, 自動車のヘッドライトなど)から発せられた光は, 任意物質に反射, 透過するなどして光ファイバーに入り, 最終的に $L_{\text{recorded}}$ (或いは単に $L_r$ )として計測されます. 1本のファイバー先端部周辺で起こるあらゆる事象が計測対象となります.

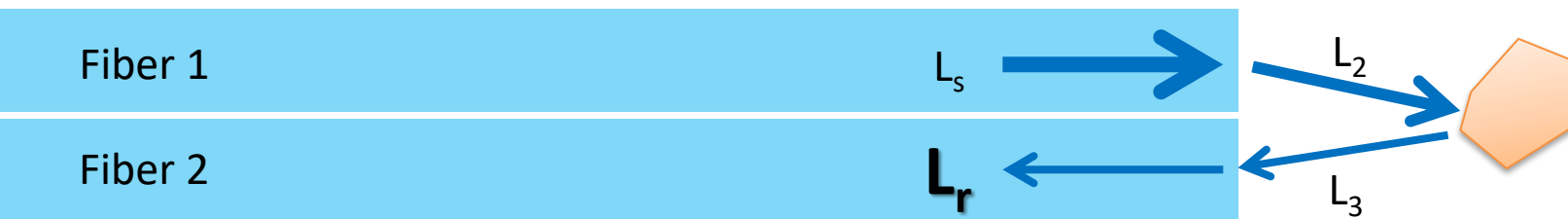


A diagram showing a horizontal blue bar representing a fiber optic cable. An arrow points from the right side of the bar towards the left, ending at a point labeled  $L_r$ .

$L_r$

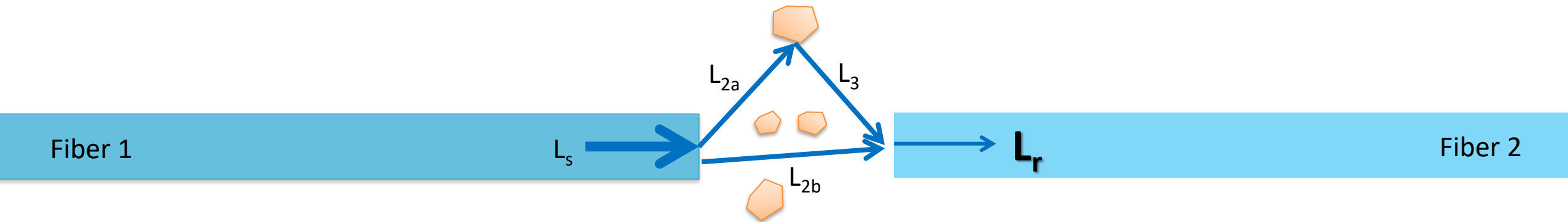
# Twin

- Fiber 1に送り込んだ光 $L_s$ は, その端部から $L_2$ として外に出て, 任意物質に反射するなどして $L_3$ としてFiber 2に向い, 最終的にFiber 2に入った $L_r$ が計測されます. 2本のファイバー先端部周辺で起こるあらゆる事象が計測対象となります.



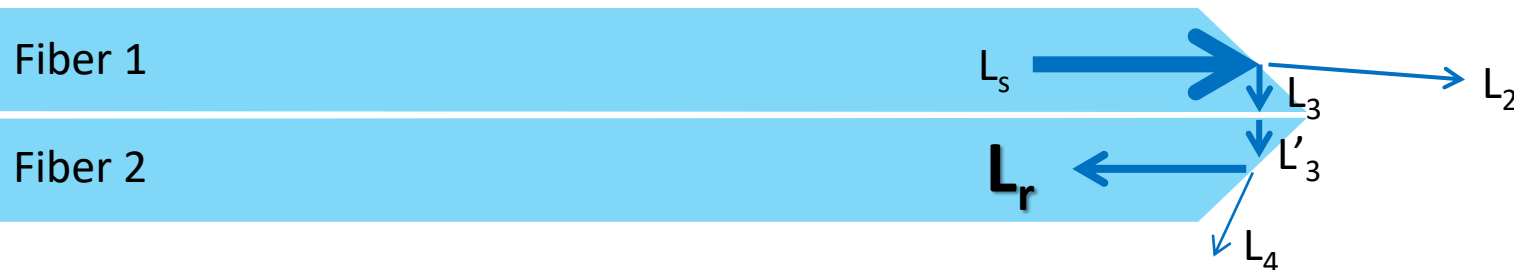
# Gap

- Fiber 1に送り込んだ光 $L_s$ は, その端部から $L_{2a}$ として外に出て, 任意物質に反射して $L_3$ としてFiber 2に向かい, 最終的に $L_r$ として計測されます. 場合によっては, Fiber 1から出た光( $L_{2b}$ )は任意物質を透過しながらFiber 2に向かい, 最終的に $L_r$ として計測されます. 2本のファイバー先端間のギャップ周辺で起こるあらゆる事象が計測対象となります.



# RR (Reflection and Refraction)

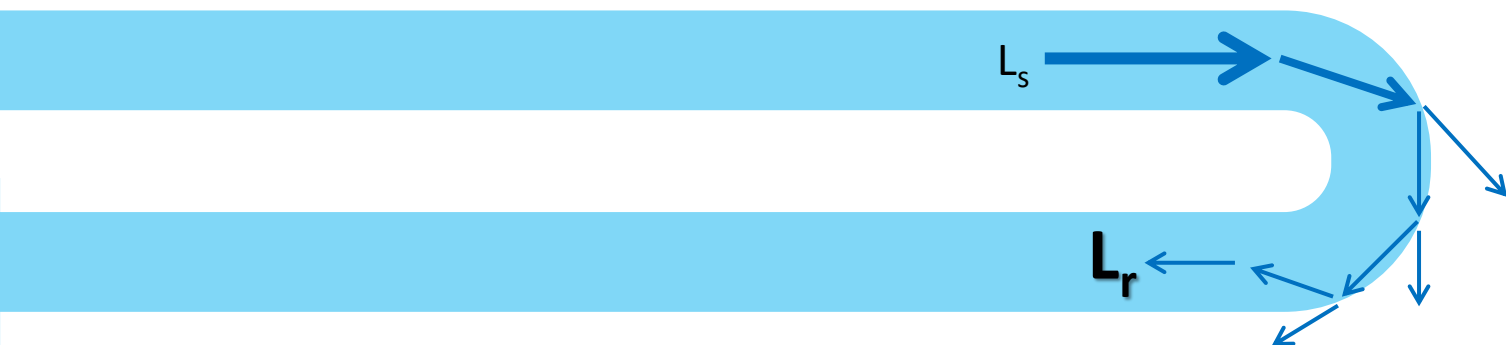
- Fiber 1に送り込んだ光 $L_s$ は、その端面(斜め45度の角度)を通過し、屈折して $L_2$ として外部に出ます。内側で反射した光は $L_3$ としてFiber 2の方向に向かいます。 $L_3$ の一部はFiber 1を出て $L'_3$ として側面からFiber 2に侵入し、ここでもう一度、屈折光 $L_4$ と反射光 $L_r$ に分かれます。最終的に光データロガーに記録される $L_r$ の明るさや色は、周辺物質の光の屈折率に依存する量になります。従ってこのタイプでは周辺物質の光の屈折率が変化するあらゆる現象(例えば、周辺物質が別の物質に置き換わる、周辺物質の温度が変化する、周辺物質の状態が変化する(特に液体か固体かの区別、水の場合には凍結・融解)など)が計測対象となります。



(※この方式は特許第5607185号に含まれていません。)

# RR-U turn

- 一定の限度を超えた曲率でPOFを曲げると、急激なカーブの箇所では光の一部が完全反射できなくなり、外側に漏れる現象が起こります。この時、外側に漏れる光と内側で反射する光の比率はPOFのクラッド(POFの外側の皮の部分)と外側にある物質の光の屈折率の差によって決定されることとなります。そのため、曲率が大きな部分の外側面がセンサー面となり、その部分が2つの物質(POFのクラッド部を形成しているポリマープラスチックと周辺の空気、水、もしくはグラウト材料など)の光の屈折率の違いを感じ、光データロガーに帰って来る光の量( $L_r$ )を変化させることとなります。データロガーに帰ってくる光は、このセンサーが1本で出来ているため、RRセンサー(2本で出来ている構造)の場合よりも大きく、またセンサー面(曲率が大きな部分の外側面)が濡れたときの光の量の変化率(濡れたことによる光の減少量を当初の光の強さで割った減少割合)は一般的にはRRセンサーの場合よりも小さくなる傾向があります。



(※この方式は特許第5607185号に含まれていません。)

# POFセンサーの適用例

- 次ページにPOFセンサーを利用して行った多様なモニタリングの例を示します.





Movements of sand particles



Water flow in sands



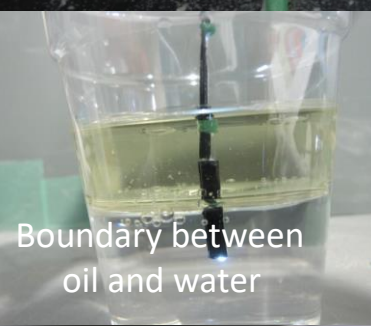
Arrival of grout materials



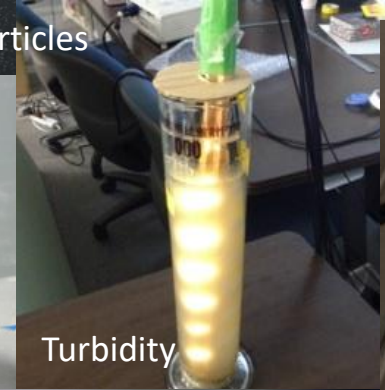
Liquefaction  
(Movements of sand particles in water)



Drainage clogging



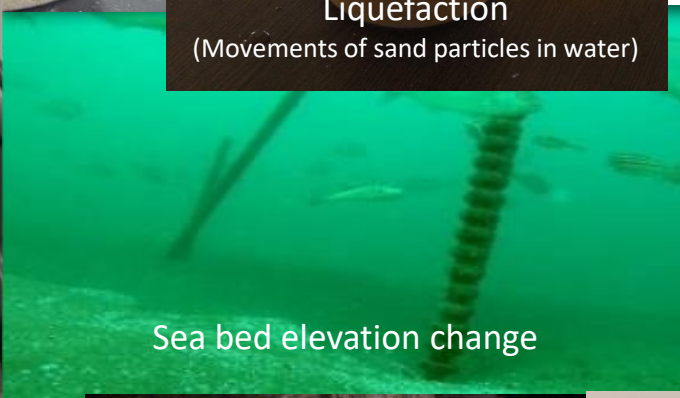
Boundary between oil and water



Turbidity



Hardening process of cement mortar



Sea bed elevation change



Freezing process of ground



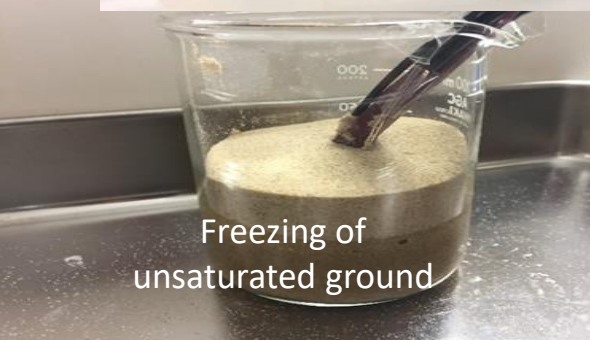
Water on surface of arbitrary materials



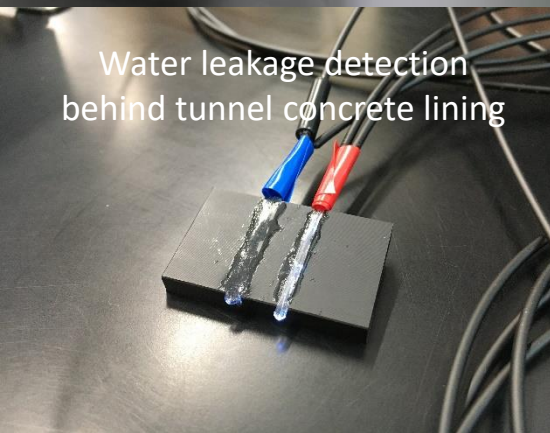
Rebar corrosion in concrete



Water leakage from cracks of aged infrastructure



Freezing of unsaturated ground



Water leakage detection behind tunnel concrete lining



Deformation of earth retaining wall



Corrosion of steel plates



Axial forces in rock bolts



Rock slope deformation



# Multiple POF sensors

- 多数のPOFセンサーを同時に利用する時は, それらのPOFを一か所に集約することによって, 光データの分析を効率よく実施できる状態になります.

