

高齢化社会に適合する 「立体視ルーペ」の提案

メガネ 2 1 上田聡
田口健一郎

平成 24 年 6 月 4 日版

<目次>

1. はじめに
- 2.1 近くを見るときにの 3 つの機能
- 2.2 これまでの近くを見るメガネ
- 3.1 近くを見るメガネの問題点
 - a. 双眼ルーペ
 - b. 老眼鏡
 - c. メガネの上からルーペ
 - d. 遠近両用眼鏡
- 4.1 Fit-Loupe の特徴
- 4.2 Fit-UPL の特徴
5. 結論

1. はじめに

日本を取り巻く問題点とそれを克服するメガネ（ルーペ）

現在日本は、65歳以上の方の割合が4人に1人という超高齢化社会であり、各企業ではこの高齢者たちをいかに生かしていくかが今後の大きな課題となっています。

実際に「定年延長」などで高齢者にも働いてもらう環境を整備する企業が増えています。また、年金の支給年齢も遅れることも予想され、労働者側としても働かなくてはならない状況に追い込まれているという一面も出てきています。

しかし、その労働者たちに技術や意欲がありながら働けない人たちがいます。その原因のひとつが、「高齢化によって起こる立体視能力の低下」です。老眼や寄り目など、近くを見る力が極端に衰えることにより、持ち前の技術力を十分に発揮できないのです。

実際ものづくりの現場や医療の分野などでは、高度な技術がありながら、ただ「しっかり見えないだけ」で、その力が埋もれてしまっています。

この現状を打破するために開発されたメガネが、今回の FIT-Loupe、そして Fit-UPL（UP 跳ね上げ式、L はルーペの意）です。

このメガネは、両眼で若い頃のような立体視が出来るという革命的なメガネ（ルーペ）です。

- ・なぜ、このようなメガネ（ルーペ）が斬新でこれまで商品化されなかったのか？
- ・既存のルーペと何が違うのか？
- ・なぜ FIT-Loupe、FIT-UPL はその問題点を解決できたのか？

以上の点を解説していくことで、今回の発明がいかに有効で、今後進む超高齢化社会において、若い頃の見え方を蘇らせ、日本の技術力を復活させるメガネルーペになるかを説明していきたいと思えます。

2.1 近くを見るとききの3つの機能

まずここで、人間が近くを見るとき機能についてみておきます。
これは副交感神経による本能的な動きが3つ連動して起こります。

<調節>

毛様体の働きによって水晶体の厚さを変え、屈折力を変化させて網膜に鮮明な像を結ぶ機能のこと。

通常近方を見るときには厚く、遠方を見るときには薄くなる

* (12歳くらいからこの調節力が衰え始め、40歳くらいで読書の距離が見えにくくなってきます。これが老視、いわゆる老眼と呼ばれる状態です。)

<輻輳(ふくそう)>

ある両眼性眼位から、両眼あるいは片眼を内方へ向ける運動

(簡単に言えば、寄り目をすること)

緊張性、調節性、融像性、近接性などがある。

<縮瞳(しゅくどう)>

瞳孔径を小さくすること。明るかったり、調節をしたりすると起こる。

(暗いと近くが見えにくいのは、近くを見るときに焦点深度を高めるため縮瞳しないといけないが、暗いと瞳孔が開きやすくなる、つまり縮瞳が難しくなることが一因としてある。)

2.2 これまでの近くを見るメガネ

まずはじめに、近くを見るための道具として、「ルーペ」と「近用メガネ(いわゆる老眼鏡)」、そして参考までに「遠近両用メガネ」の違いを簡単に説明しておきたいと思います。

・「ルーペ」凸レンズを使用し、目とレンズの距離を近用メガネよりも遠ざけることで近用メガネ以上にものを拡大し、はっきり見えるようにする。
単眼ルーペ、双眼ルーペなどがある。

既製双眼ルーペ



・「近用メガネ」

調節力を補うための度数（加入度数という）を入れたメガネ。使用者の遠用度数から作業距離に合った度数を足すことで、その距離にピントが合い両眼視することが出来る。

遠視、正視、また軽い近視の人は近用度数のレンズが凸レンズになり裸眼よりやや拡大して見える。

・「遠近両用メガネ」

多焦点レンズと累進屈折力レンズがある。

多焦点レンズは遠用度数と近用度数の二重焦点レンズが一般的。

累進焦点レンズは遠用から近用までの度数をレンズの上から下に向かって連続的に変化させる。

多焦点レンズも累進屈折力レンズも輻輳と下方視を考慮し、近用度数は遠用度数よりも内側に入っている（内寄せ）。

3.1 近くを立体視する時の問題点

しかし、これまでのメガネ（レンズ）では、さまざまな問題点があり、両眼視による立体視を完全に出来る状態にはなっていませんでした。

a. 既製双眼ルーペのみ使用

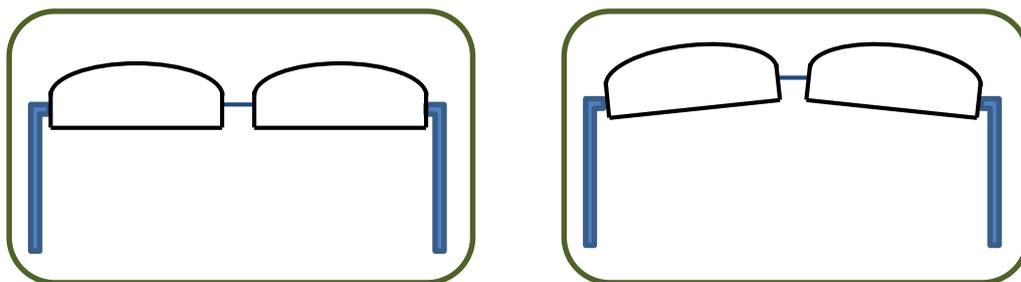
- ・像は拡大されるが、ピントが合う距離は裸眼の状態（遠視・近視・正視）に左右される。乱視の矯正がされない。
- ・眼とレンズの距離（頂間距離 VD）を離せば、物は大きくなるが、視野が狭くなる。また鼻先までしか離せず恰好が悪い。
- ・視野を確保するためには、レンズを近づけなければならず、片手がふさがってしまう。
- ・眼の近くでかけると視野は広がるが、極端に厚いレンズが必要となる。薄くしようと思うとレンズ代が高価になり商品自体の価格が高額になってしまう。
- ・いくつかの倍率がセットになっているものもあるがルーペ幅（双眼ルーペレンズ間距離）が決まっているため、使用する人の PD（瞳孔間距離 = 簡単に言えば、両目の幅）は考慮されていない。
 - * 手術用として倍率を変えられる高機能のルーペが発売されているが、とても高価で、一般人が普段使うために買えるような値段ではない
- ・アオリ角がついているものもあるが、一定のため誰にでも合うわけではない。
 - * アオリ角・・・メガネを上部から見たときのレンズの傾き。通常はハの字型になるが、ルーペの場合、逆ハの字にする。このアオリ角が近くを見るとき重要な要因になる。

b. 近用メガネ

- ・遠視、近視、乱視などを考慮した上で見たい距離に度数を合わせて作る。見たい距離でピントは合うが、頂間距離を基本的に 12 mm で製作されることなどからルーペほど拡大しては見えない。

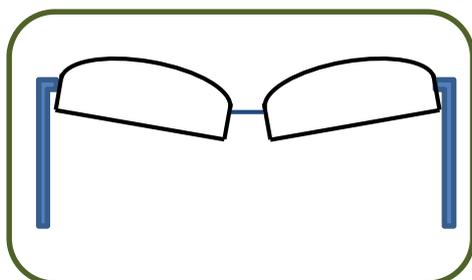
- ・収差の増加を抑制させるためにレンズの外側（耳側）がより目から離れるようにアオリ角をつけたいが出来ない、何故ならそうしたアオリ角をつけたメガネを上から見ると M 字型の不格好なメガネになる。
- ・遠方がある程度以上の近視の人は、近用度数が凹レンズになるためあまり拡大して見えない。
- ・強度の凸レンズではレンズが厚く、重くなる。
- ・使用する人の輻輳力も加味したレンズ PD(OCD)を正確に測らなければならない。作った後からレンズ PD を変えることができない。

メガネのアオリ角について



アオリ角は上図のように、通常まっすぐか耳側がやや顔に近づくように製作します。
見映えもよいですし調整もしやすいです。

10 cm ~ 20 cm くらいの近くを見ようとする時には反対の向きにアオリ角がつくと輻輳を助けて立体視し易くなりますが、



左図のような形になってしまい、非常に不格好です。

また、レンズ横の智金具を無理に曲げないといけなくなったり、テンプル(つる)が長くなければ耳にかからないなど不都合な点が出てきます。

c. メガネの上から既製ルーペをかける

メガネの上からルーペをかけた場合は遠視、近視、乱視等が矯正された上に近くを拡大して見ることができるので、単独使用より見えやすそうですが、既製ルーペの欠点がどうしても出てきます。

- ・ルーペ幅（双眼ルーペレンズ間距離）、頂間距離、アオリなどを見る距離に応じて合わせるが出来ないため、強度凸レンズになると立体視が困難。
- ・また見えたとして、その距離はルーペが想定している作業距離となるので自分の希望する距離を合わせられない。
- ・ルーペのレンズ距離やかける位置などは固定されており、使いたい距離や使う人の輻輳力（寄り目にする力）が全く考慮されていない為、長時間かけると眼精疲労の元になる
- ・近用メガネの上から既製双眼ルーペをかけた場合は、メガネの度数 + ルーペの度数になるのでピントの合う距離が見たい距離よりも近くなる。

メガネの上から双眼ルーペを使用する人が、使用したい距離できちんと立体視するために、ルーペに求められる条件は多くなります。

その距離にピントが合う度数、レンズのアオリ角、ルーペ幅（双眼ルーペレンズ間距離）、拡大率など様々です。そして当然のことであるがこれらの条件は使用する人によって変わってきます。

以下に、具体的な例を挙げておきます。

例えば、FIT-UPL で想定している眼（角膜頂点）とルーペレンズまでの距離 21 m mで、

遠用 PD が 70 mm の人が約 20 cm の距離を見る場合、
計算上では
度数は + 4 . 75 D
アオリ角 9 °

ルーペ幅（双眼ルーペレンズ間距離）59 mm 必要になる。

これが遠用 PD 60 mm の人が約 20 cm の距離を見る場合、
+ 4 . 7 5 D
アオリ角 8 °
ルーペ幅 50 mm 必要になる。

また、約 10 cm を見る場合は
遠用 PD 70 mm の人で
+ 9 . 0 0 D
アオリ角 18 °
ルーペ幅 48 mm

遠用 PD 60 mm の人で
+ 9 . 0 0 D
アオリ角 15 °
ルーペ幅 41 mm 必要になる。

- ・ 見る距離は目（角膜頂点）から対象物までの距離とする。
- ・ 度数はメガネレンズで通常想定されている
頂間距離 12 mm からプラス 9 mm 分の補正を加える。
（頂間距離 21 mm として計算）

このように、立体視に必要な条件は使用する人の遠用 PD によっても変わり、見たい距離・作業位置によっても全く変わってしまうのです。

後述の累進屈折力レンズでは近用度数がレンズの下の方にあるため近方作業で下方視しなければならなくなり、疲労度が高くなります。

また輻輳力の違いや、誤差、そもそもかけているメガネの矯正具合によっても違ってきます。社内調査でも、ルーペ幅は「もっと狭い方が見えやすい」という人もいました。

d. 遠近両用レンズ

ここで、ひとつのレンズの中で、遠くと近くを見る度数が存在する

遠近両用レンズについても触れておきます。

多焦点と累進屈折力レンズ

・多焦点レンズ

この場合、内寄せ量はレンズごとに決まっており、度数によって変わることはない。見る距離によって輻輳量は変わるが内寄せ量は変わらない。

・累進屈折力レンズ

多焦点レンズと同じく内寄せ量は一定の物が多い。オーダーメイドの高級累進レンズでは内寄せ量を設定して製作できるものもあるが単焦点レンズに比べ視野は狭い。

どれも近くの度は、老眼鏡同様40cm前後でピントが合うように作ることが多いです。裏を返せば、30cmや25cmといった距離に合わせて作ることは稀であると言えます。

なぜなら、その使用の仕方はごくわずかな時間しかないことが多く、もしその距離に合わせてしまうと、ユレ・ユガミが大きくなり、遠方や中間距離(80cm以下位の距離)に支障が出てしまうからです。

また20cmなど、ごく近くを見るための加入度数で作ることが出来るレンズは、ほとんどありません(加入度+5.0Dなど)。

つまり遠近両用レンズは普段の生活で便利に使える道具であり、近くを見るときは距離は読書など、近くても30cmくらいまでが快適に見えるように作られています。

近方作業は下方視を長時間するようになるので姿勢が難しく、疲労度が高くなります。

そのため20cm前後、もしくはそれよりも近くを立体視するためには、やはりメガネをかけて、その上から双眼ルーペを使用することが必要になります。メガネ+ルーペを使用して立体視が出来れば近視や遠視、乱視を矯正したうえで距離を合わせ、拡大してみることで快適に作業できるわけです。

そのため、きちんと立体視するためにその双眼ルーペは、

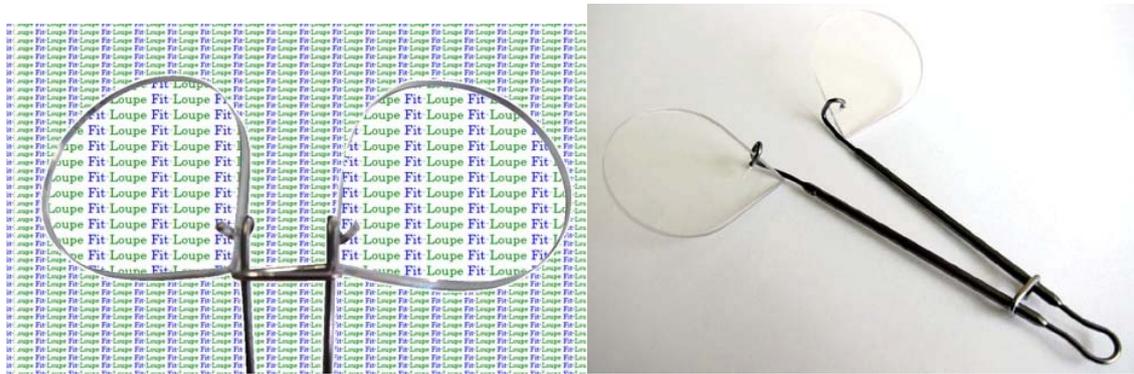
使用者の瞳孔間距離と輻輳能力に応じてルーペ幅（双眼ルーペレンズ間距離）を自由に
変えてルーペを作成でき、

使用する人や見る距離に適合するようアオリ角の調整機能を有している、という
ものでなければならないのです。

4.1 Fit-Loupe の特徴

これまでのメガネや既製双眼ルーペでは出来ないそれらの機能を持った商品が
FIT-Loupe なのです。

FIT-Loupe



これまでの問題点を克服し考案された今回の Fit-Loupe。

その特徴を以下に列挙します。

- ・簡単に使用者の PD を測定でき、自分に合った距離を測定出来る
(40 mm ~ 56 mm)
- ・使用者の輻輳力に応じて、ルーペ幅が調整できる。かつ作業距離と瞳孔間距離に応じてアオリ角が調整できる
- ・作業距離に応じた凸レンズで、軽く、視野も広がる。
- ・視差が大きい + 3.0 D 以上で見る近距離での両眼視を可能にしている。
* 視差・・・右目と左目で見える像の位置あるいは視方向における差異のこと。
両眼視差ともいう。
同じ物を見ても右目と左目では見える形が異なる。

両眼視した際にその差があることで物を立体的に見ることが出来る。

また実際には、+4.0 ~ +13.0 Dまでのテストルーペで試して、使用する人が自分の輻輳力や誤差なども含めて度数、PDを決定できます。

また、販売後も違和感がある場合は、自分で見る距離を調節したり、アオリ角の調整で改善できるのです。製作後にも、使用者の要望に応じて調整が出来るというこれまでにない利点も生まれます。

*プリズムについて

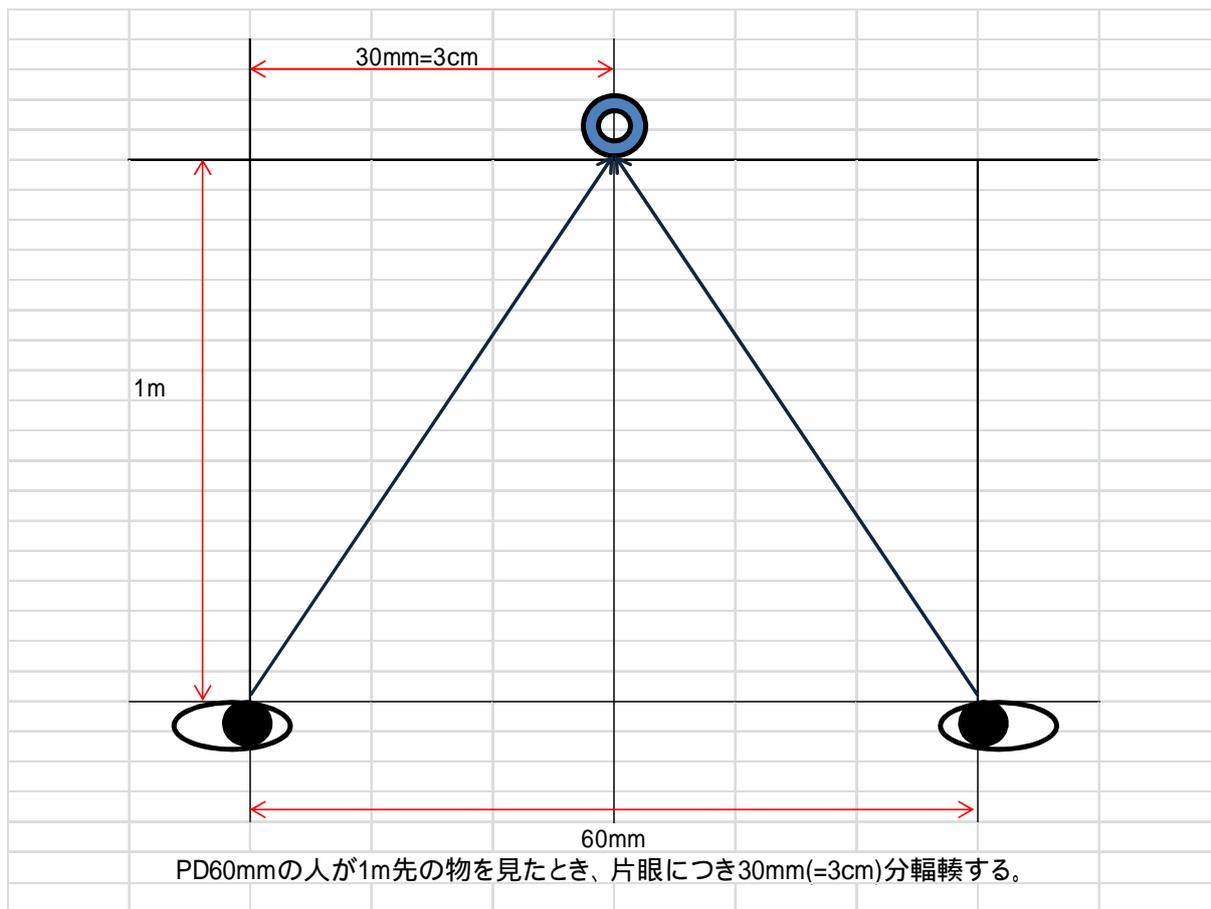
ここでプリズム(P)について触れておきます。

『光が1m先で10mm(1cm)ずれるとき1Δ(1プリズムディオプター=1P)』と定義されます。

そもそもレンズは、厚みを変えることで光を曲げ(=ずらし)焦点をあわせるため「レンズはプリズムの集合体」とも言われています。

このプリズムを使って輻輳力を表してみます。

例えば、PD=60mmの人が1m先に視線を向ける(ものを見る)と仮定します。真ん中に置いて見ようとすると、お互いの片方の目から30mm(3cm)内側にある物を見ないといけません。



ということは、プリズムの定義にしたがえば、片眼で 30mm (3cm) ずらさないと両眼融像出来ません (3 P)

人はそれを、自分自身の輻輳力で補っているわけです (輻輳 3Δ)
 これは目が、片眼につき 30mm 内に入ることではなく、1m 先の物が 30mm ずれて見える分だけ内に入っているということです。

また、
 PD = 70mm の人は、片眼で 35mm (3.5 cm) ずれる輻輳 3.5Δを行っていることになります。
 (ということは、PD の違いで必要な輻輳力は異なると言えるわけです)

同様に
 20 cm 先に視線を向けると
 PD = 60 mm の人は 5 倍の輻輳 15Δ

PD = 70 mmの人は5倍の輻輳 17.5Δが必要です。

10 cm先なら

PD = 60 mmの人は10倍の輻輳 30Δ

PD = 70 mmの人は10倍の輻輳 35Δが必要です。

よって、

輻輳力を検出するには強度のプリズムが必要で、現在眼鏡店に用意されている検査器具では物理的に不可能ですし、そもそも検出された数値の活用もあまり見出せません。

また、輻輳力の衰えは年齢別に把握されているような文献はありませんし、「輻輳力(寄り目)を鍛える」などのトレーニングがありますが、科学的に実証されているかと言うと疑問符が付きます。

個人差も有りますから、わが社ではFit-Loupeで眼精疲労が少ない輻輳力を補う適正な数値を検出し、その数値は度数とルーペ幅で表しメガネ作成に活用する方法を取りたいと思います。

* 輻輳力の反対は開散力です。

開散力は弱くプリズムで簡単に検出できます。

Fit-Loupeでルーペ幅を最大にして

眼精疲労と複視(ダブリ)を体験して貰えば既製品老眼鏡の問題点が簡単に理解して頂けます。

4.2 Fit-UPLの特徴

さらにこのFit-Loupeの特徴を最大限に生かす機能が、ルーペ自体をメガネに取り付けてしまうFit-UPLです。

FIT-UPLはFITシリーズのブリッジ(鼻あて部分)に装着することで、両手を使用することが出来る立体視ルーペとなるのです。

しかもそのルーペはワンタッチで着脱可能な跳ね上げ式だから、複数の倍率を使い分けることも可能です。

普段は普通のメガネとして使える上に、さまざまな場面において使用可能になります。

熟練技術者などにとって「もう少し近くをはっきり見たい、上目使いで近くを見たい」、時にはルーペを下におろせば、何の違和感もなく集中して業務に当たることができますし、様々な距離を見なければならぬ時には、付けっ放しにしておいて、ルーペ部分を上げ下げすれば良いわけです。

FIT-Loupe を検査器具として使用することで近くを立体視するための条件をお客様の希望通りに都合よく測定でき、尚且つ出来上がった後にレンズ PD やアオリ角を微調整できるところが FIT-UPL の素晴らしい長所です。

今回の発明を可能にした技術とは何か？

その秘密は、まず 2 1 自社ブランドのメガネ「Fit」の説明が必要です。

「Fit」は、ふちなしのフルオーダーメガネ。その最大の特徴が、その人それぞれの顔幅や目の距離などに合わせてメガネが作れることです。

それを可能にしたのが、各パーツごとに組み合わせて作るという作成方法です。パーツは大きく分けて 3 種類です。

- ・ブリッジ（メガネの中央部にあり、レンズを止めている部分）
- ・ヨロイ（メガネレンズの外側にあり、レンズを止めるのと同時にテンプル部分をつなげる役割）
- ・テンプル（つるのこと）

そしてレンズの横幅も自由に決められることから、顔の幅、目の距離、好みのレンズの大きさ、耳までの距離などをすべてオーダーメイドで作れるメガネになっています。

< 詳しい説明は、もうひとつの論文「仕立てるメガネの性能と販売店の効果（仮）」を参照してください >

今回の Fit-UPL は、まず完全オーダーメイドのメガネが出来る上に、

その Fit の技術を生かし、使用者の眼の距離や使用したい距離に応じてルーペもオーダーメイドで作成できるようにした訳です。

さらに、従来では到底無理だった、アオリ角・ルーペ幅も自由に設定が出来るので眼精疲労が少ない近業の立体視に役立つのです。

5 . 結論

既存のルーペでは、近見距離に応じて双眼ルーペレンズのアオリ角度や瞳孔間距離を合わせられないため、特に強度の凸レンズでは両眼での立体視が困難でした。

今回その問題点を解消するため、近見距離に適合するレンズアオリ角の調整機能を有し、瞳孔間距離と個人の輻輳力に応じてルーペ幅(双眼ルーペレンズ間距離)を適合させ、視差による両眼視を可能にする立体視ルーペ (Fit-Loupe) が開発されました。

視差が大きい + 3 . 0 D 以上で両眼視を可能としたルーペであるため立体視ルーペと呼んでいます。

さらに、その Fit-Loupe で眼精疲労が発生し難い倍率・ルーペ幅を検出して跳ね上げ式のルーペメガネ (Fit-UPL) を作成することで、両手が使え、視野も広く、使用者自身の様々な条件や眼の力に応じたメガネが出来るようになったという訳です。